

15This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-230101

(43) 公開日 平成7年(1995)8月29日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/136	5 0 0		
	1/13	5 0 5		
	1/133	5 5 0		
	1/1333			
	1/1343			

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平6-19567

(22) 出願日 平成6年(1994)2月16日

(71) 出願人 392002206

エイ・ジー・テクノロジー株式会社

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町松原1160番地

(72) 発明者 榎田 昌也

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町松原1160番地
エイ・ジー・テクノロジー株式会社内

(72) 発明者 平井 良典

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地
旭硝子株式会社中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 泉名 謙治

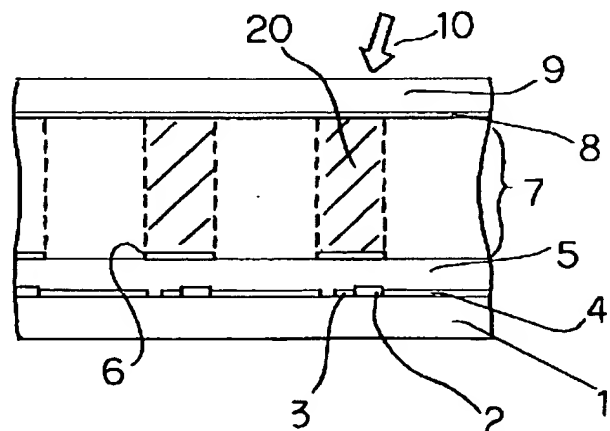
(54) 【発明の名称】 液晶表示素子およびそれを用いた投射型表示装置

(57) 【要約】

【目的】 高コントラスト・高輝度の反射型液晶ライトバルブを得る。

【構成】 ネマチック液晶が固化物マトリクスに分散保持された液晶固化物複合体を備えた反射型の液晶表示素子であって、配線部および能動素子部上の、絶縁性誘電体膜上に第3の電極を設け、その電位を画素間の液晶固化物複合体が常に散乱状態に保たれるよう低電位に保ち、かつ配線部からの反射光を抑制し良好な画像を得る。

【効果】 高い開口率と高効率が得られ高性能の液晶プロジェクターが得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に複数の行配線と複数の列配線とが設けられ、行配線と列配線の交点近傍に能動素子が設けられ、能動素子のゲート電極は行配線に接続され、ソース電極は列配線に接続され、ドレイン電極は表示電極に接続され、少なくとも行配線、列配線、能動素子を覆うように絶縁体層が形成されてなるアクティブマトリクス基板と、基板上に透明電極が形成された対向電極基板との間に、誘電異方性が正のネマチック液晶が固化物マトリクスに分散保持された液晶固化物複合体が挟持され、前記絶縁体層上に、行配線、列配線、能動素子の一部または全部を覆うように第3の電極が形成され、この第3の電極の電位を対向電極の電位に対して液晶固化物複合体層のしきい値以下に保つことを特徴とする液晶表示素子。

【請求項2】透明電極が形成された対向電極基板と、基板上に行配線と、列配線と、行配線と列配線の交点近傍に能動素子が設けられ、行配線、列配線、能動素子を覆うように反射機能層が形成されてなるアクティブマトリクス基板との間に、電界印加状態により散乱状態が変化する液晶電気光学媒体を挟持してなるアクティブマトリクス液晶表示素子であって、画素表示電極は前記反射機能層上、もしくはその上方に形成された透明電極であることを特徴とする液晶表示素子。

【請求項3】請求項2の液晶表示素子において、用いる液晶電気光学媒体が、誘電異方性が正のネマチック液晶が固化物マトリクスに分散保持され無電界状態で散乱状態をなし、電界印加により散乱が減少する液晶固化物複合体であることを特徴とする液晶表示素子。

【請求項4】請求項1～3のいずれか1項の液晶表示素子と、さらに、光源系と、色分離合成光学系と、投射光学系とを組み合わせて構成したことを特徴とする投射型液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、透過散乱モードで動作する液晶電気光学媒体を備えた反射型の液晶表示素子に関する。

【0002】

【従来の技術】液晶表示素子をライトバルブに用いた投射型表示素子は、小型・軽量の大画面表示の有力な候補として盛んに開発されており、既にNTSCレベルからHDTVレベルまで商品販売もされるに至っている。これまでに商品化されてきたものは全て、ツイスティッド・ネマチック(TN)方式の液晶ライトバルブを用いており、その表示モードも全て透過型である。

【0003】ノーマリ白モードを採用すれば100以上のコントラスト比を容易に得ることができ、鮮明な投射画像を実現できる。一方、偏光板を使用しない方式とし

素子の開発が活発に行われている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来例のTN方式の透過型ライトバルブは以下に述べるような欠点がある。

【0005】まず、TN方式においてはその原理上偏光板を用いなければならず、そこで入射してきた光のうちの少なくとも50%を失ってしまう。これにより、投射画像の白色輝度が低くなってしまい、周囲を暗く保った部屋等においては鮮明な画像が得られるものの、照明がされていたり、外光が入ってきているような一般の環境の下ではコントラストが著しく低下し、明るく鮮明な表示画像を得ることは困難であった。

【0006】ライトバルブにおいては、表示の高精細化が進むにつれて画素に占める配線と能動素子部分の面積割合が大きくなり、表示の開口率が低くなる傾向にある。このため、透過型ライトバルブを用いた投射型表示装置においては、高精細化が進むほど投射画像の白色輝度が低下してしまうという問題を有していた。

【0007】この点を解決するために、反射型表示素子を用いた投射型表示装置が提案されている(1989年電子情報通信学会秋季全国大会 C-30、C-31参照)。しかし、やはりTN方式の液晶ライトバルブを用いるために高い輝度を得ることは相当困難なものとであった。また、熱処理を伴う液晶セル工程を経ながら反射率の高いアルミニウム電極を形成する製造工程そのものが一般に困難であり、十分な輝度は得られていない。

【0008】さらに、ダイクロイックミラーと透過型液晶表示ライトバルブを組み合わせた投射光学系ではシステム全体の体積が大きくなってしまいうという欠点を持っていた。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、まず第1の発明として、液晶電気光学媒体を備えた液晶表示素子において、画素以外の、例えば画素間隙のようにオン・オフ動作する必要のない動作不要な領域の晶電気光学媒体を電氣的に安定な状態に保持せしめる手段を提供する。具体的には、基板上に複数の行配線と複数の列配線とが設けられ、行配線と列配線の交点近傍に能動素子が設けられ、能動素子のゲート電極は行配線に接続され、ソース電極は列配線に接続され、ドレイン電極は表示電極に接続され、少なくとも行配線、列配線、能動素子を覆うように絶縁体層が形成されてなるアクティブマトリクス基板と、基板上に透明電極が形成された対向電極基板との間に、誘電異方性が正のネマチック液晶が固化物マトリクスに分散保持された液晶固化物複合体が挟持され、前記絶縁体層上に、行配線、列配線、能動素子の一部または全部を覆うように第3の電極が形成され、この第3の電極の電位を対向電極の電位に対して液晶固化物複合体層のしきい値

する。

【0010】また、第2の発明としては、液晶電気光学媒体を備えた液晶表示素子において、画素電極を素子の厚み方向で二重構造にし、その間に反射機能層を設けて、上段の電極で液晶電気光学媒体を駆動し、反射機能層で光を反射せしめる構造を備えた液晶表示素子を提供する。具体的には、透明電極が形成された対向電極基板と、基板上に行配線と、列配線と、行配線と列配線の交点近傍に能動素子が設けられ、行配線、列配線、能動素子を覆うように反射機能層が形成されてなるアクティブマトリックス基板との間に、電界印加状態により散乱状態が変化する液晶電気光学媒体を挟持してなるアクティブマトリックス液晶表示素子であって、画素表示電極は前記反射機能層上、もしくはその上方に形成された透明電極であることを特徴とする第2の液晶表示素子を提供する。また、上記のいずれか一つの液晶表示素子と、さらに、光源系と、色分離合成光学系と、投射光学系とを組み合わせ構成したことを特徴とする投射型液晶表示装置を提供する。

【0011】以下に、本発明とその動作原理について概説する。最初に、第1の発明から説明する。

【0012】第1の発明の液晶表示素子では、アクティブマトリックス基板上の能動素子、行配線、列配線、画素電極の上に絶縁性の誘電体膜が形成され、その上に、画素間の一部または全部を覆うように第3の電極が設けられる。

【0013】図1にこの液晶表示素子の基本的構造の一部の断面図を、図2に平面図を示す。

【0014】これらの図において、基板1はガラス、石英、シリコンウエハ等の基板である。2は薄膜トランジスタ(TFT)、ダイオード、MOSTランジスタ等の能動素子である。3は列電極または列配線、4はITOあるいは金属で形成される画素電極を示す。5はこれらを覆う反射機能層であって、具体的には誘電体多層薄膜ミラーが用いられる。6は表側の基板または裏側の基板にそれぞれ形成される表示用の電極に対して第3の電極として形成される画素間電極、7は液晶固化物複合体である。さらに、8はITOなどで形成された対向電極、9は透明な対向基板を示す。

【0015】図2に示されるように、第3の電極6は、画素電極4以外の領域を太い格子状に設けられている。そして、行配線(行電極)、列配線(列電極)、能動素子のほとんどは、この画素間電極6に覆われ、その下に配置されている。

【0016】次に、光学的な働きについて説明する。図1に示すように、入射光10は基板9側から基板垂直方向に対して所定の角度をもって照射される。画素部分に電圧が印加されている場合には画素は透明であるため、入射光はそのまま誘電体多層薄膜ミラーなどからなる反

状態となる。

【0017】電圧が印加されていない場合には画素は光散乱状態であり、入射光は所定方向へ反射せず、黒表示となる。

【0018】この液晶電気光学媒体としては液晶が高分子などの固化物マトリックスに分散保持された液晶固化物複合体に限定されるものでなく、電界により液晶が動作し散乱-透過状態が変化するものであればよく、液晶固化物複合体の他、コレステリック液晶、スメクチック液晶等が例示される。中でも、応答性、コントラストなどに優れた液晶固化物複合体が本発明に用いる液晶電気光学媒体として適している。

【0019】以下、誘電異方性が正のネマチック液晶が固化物マトリックスに分散保持されており、無電界状態で散乱状態、電界の印加により散乱が弱まり透過状態となる液晶固化物複合体を例に説明する。

【0020】通常、TN液晶素子では対向電極基板上に不透明な金属などでブラックマスクを形成し、不要な光を排除して表示画像のコントラスト低下を防止する。しかし、本発明のような透過散乱型の光学素子の場合においては対向基板の金属膜は、対向基板と金属との界面での反射を引き起こし、コントラストの低下を引き起こす。

【0021】これに対し、図1に示すように、画素間、すなわち列電極および/または行電極などの全部または一部を覆うように、誘電体多層薄膜ミラー上もしくは、下地層を介して上方に第3の電極として画素間電極を形成し、かつ、対向基板の透明電極の電位に対して常に液晶固化物複合体のしきい値以下に保持するようにしておけば、図1の領域20で示される画素間電極上の液晶固化物複合体は光散乱状態に保たれるので、この部分は安定して黒表示となる。

【0022】一方、この画素間電極を設けない場合、本来表示には直接影響しない列電極や行電極の電位の影響を受けて画素表示電極以外の領域の液晶固化物複合体が透明となり、この領域からの反射光によって画像のコントラストが著しく劣化してしまう。

【0023】この第1の発明においては、通常の透過型の光学素子用に設計されたアクティブマトリックス方式の基板上に誘電体薄膜多層ミラーとこのミラー上のコントラスト低下防止用の第3の電極として画素間電極を追加形成するだけで反射型パネルを得ることができ、反射ミラーも兼ねた画素電極構造やプロセスを特別に設計する必要がない。

【0024】画素間電極には対向電極に印加される信号と同一の信号を入力することなどにより簡単に駆動することができ、画素間電極上の液晶固化物複合体(領域20)を常にオフ状態(最も強い散乱状態)にできる。画素間電極としては、金属電極、透明電極などを用いるこ

子の遮光膜も兼ねることとなるので、金属膜を用いることが好ましい。

【0025】これにより、能動素子は金属膜と誘電体多層膜ミラーの両方により入射光より保護され、極めて強い光の入射に対しても光リークなどの問題の発生を抑制することができる。画素間電極は画素間の全てを覆っていることがコントラスト向上の観点からは好ましいが、少なくとも配線や能動素子の一部を覆っていればよい。

【0026】ここまで、反射機能層として誘電体多層膜ミラーを用いその上にコントラスト低減防止用の第3の電極を設けた場合について説明したが、画素電極そのものを反射ミラー電極とすることも可能である。このミラー兼画素用電極としては、金属電極を用いることができる。この場合、画素電極上部の絶縁膜は透明性の高いものであればよい。また、この場合でも、絶縁膜として、誘電体多層膜ミラーを用いることも可能である。

【0027】図3は、さらに反射型表示素子に適した構造を説明するものである。第1の発明の液晶表示素子に用いられるアクティブマトリクス基板の一部の断面図を示す。

【0028】本図中、11はガラス、石英、シリコンウエハ等の基板、12はTFT、ダイオード、MOSTランジスタ等の能動素子、13は列電極または列配線、14はITOまたは金属で形成される画素電極を示す。15は能動素子上に形成される第1の絶縁膜、16は画素電極上に形成される第2の絶縁膜、17は第3の電極として用いられる画素間電極である。絶縁膜としては、具体的に絶縁性誘電体膜が用いられる。この例では、絶縁膜が二重構造となっている。

【0029】図1の例の場合と同様に、画素間電極には対向電極の電位に対し液晶固化物複合体のしきい値電位以下になるように電圧が印加される。こうして、画素間電極上の液晶固化物複合体は光散乱状態となり、入射光は所定の方向へ反射せず、黒表示となる。

【0030】図3の場合では、図1の例の場合に比較して、アクティブマトリクス基板の構成はやや複雑になるが、画素電極で配線や能動素子の一部を覆うことができるので開口率をさらに大きくすることができる。この場合、第1の絶縁膜15および第2の絶縁膜16は、そのいずれかを誘電体多層膜ミラーなどの反射機能層とすることが好ましい。

【0031】能動素子上の、第1の絶縁膜15が誘電体多層膜ミラーである場合、画素電極14はITOなどの透明電極とされ、第2の絶縁膜16は画素電極と第3の電極（画素間電極）との絶縁性を保ち、かつ透明性の高い膜（例えば、酸化シリコン）とされる。一方、第2の絶縁膜16が誘電体多層膜ミラーである場合には画素電極14は透明である必要はなく、ITOの他に金属電極も用いることが可能である。

トバルブとして用いる場合、偏光板による吸収を利用したTN型などの透過-吸収型素子の場合と大きく異なり投射光学系と一体になって高いコントラストなどが達成される。この投射光学系においては透過状態での透過光が投射され散乱状態での拡散光が投射されないように、シュリーレン光学系など拡散光を減ずる装置、例えば、アパーチャーやスポットなどの一種の絞りを設置することにより、表示コントラストを大きくすることができる。

10 【0033】このような散乱型表示素子を用いた場合の投射光学系のFナンバー（F）は投射レンズ系の焦点距離 f と絞りの直径 d により規定され、 $F=f/2d$ であり、散乱角 $\theta=\arctan(d/f)$ 以上の角度に散乱された拡散光はこの投射光学系により除去される。

【0034】本発明の投射表示装置においては、一般に、 $4\leq F\leq 12$ 、特に $5\leq F\leq 10$ とされる。

20 【0035】Fナンバーが大きいほど絞りは絞られた状態となりコントラストは上昇するが透過状態での光の透過量は低下する。このバランスによりFナンバーは決定されるが、上記の範囲でこのバランスを取ることが可能となる。

【0036】このように、液晶固化物複合体は電圧により光の進行方向（角度）を変える角度変調型の素子であるため、TN型などの吸収型の素子と異なり光の進行方向が非常に大きな意味を持つようになる。

30 【0037】この意味において、散乱型液晶光学素子の反射ミラーとして、従来のようにアルミニウムなどの金属性の反射ミラーを用いた場合は、その表面状態がほぼ完全な鏡面ではない限り、コントラストなどの特性が大きく劣化してしまう。

【0038】反射ミラーの表面に波長オーダー程度かそれ以上の凸凹があると、液晶の透過状態においてもミラー面により拡散光が生じ拡散光除去光学系により本来透過すべき光が除去されてしまう。散乱状態での散乱性はほぼ液晶の散乱性で支配されるので、このミラー面に存在する凸凹は、光の利用効率のみならずコントラストをも低下させてしまう。

40 【0039】TN液晶光学素子など光吸収型の光学素子ではコントラストは偏光板による吸収により決定されるので、このような拡散光の存在はコントラストの大きな低下を引き起こさず、従来もアルミニウムなどの金属ミラーが用いられてきている。これに対して、散乱型液晶光学素子の場合には、ミラー面の形状は非常に重要な要素となるので画素電極としてはアルミニウムのようにシリコン系の絶縁膜と反応して凹凸を形成しやすいものは適当でなく、高融点金属が好ましい。

【0040】液晶固化物複合体においては、高分子などの固化物マトリクスにより液晶という散乱体が位置的に固定化されている。このことは、画素間の電界の歪みな

散乱型液晶素子においては、液晶が形成する微小ドメイン同士の境界部分により散乱が生ずるのであるが、これは位置的に固定化されているわけではなくその時々電界の状態により決定される。

【0041】すなわち、空間的解像度が状態により変化することになる。液晶固化物複合体の場合、空間的解像度は、固定化されている液晶（粒子または、それと同等な空間的構造）のサイズで決定されるため、空間的解像度がその時々画像情報で左右されることはほとんどない。

【0042】通常、マトリクス中に分散保持される液晶のサイズは、0.5〜5 μm 程度であり、より望ましい範囲としては、1.5〜4 μm 程度である。これは、通常のアクティブマトリクス液晶素子の画素サイズ（通常10〜200 μm 程度）において、一つ一つの画素情報をほとんど劣化させることなく充分に表示できることを意味する。

【0043】このことから、液晶固化物複合体を本発明の電極構成で用いることは、高精細、高コントラスト、高輝度表示に最も適しているということができよう。このように、液晶固化物複合体を用いた本発明の構成においては、他の性質を損なうことなく、高精細、高輝度、高コントラストを同時に達成することが可能である。

【0044】次に、第2の発明について説明する。図10に、液晶表示素子の一部の断面図を示す。1はガラス、石英、シリコンウエハ等の基板、2はTFT、ダイオード、MOSTランジスタ等の能動素子、3は列電極または列配線、4はITOまたは金属で形成される画素電極を示す。5は誘電体多層薄膜ミラーを用いた反射機能層、15は能動素子の駆動用の電極と反射機能層5上の画素電極4を接続するためのコンタクトホールもしくはスルーホール、7は液晶固化物複合体などの散乱型の液晶電気光学媒体である。さらに、8はITOなどでできた対向電極、9は透明な対向基板を示す。

【0045】図10に示すように、入射光10は対向電極8側から基板垂直方向に対して所定の角度をもって照射される。液晶電気光学媒体が透明状態である場合、入射光はそのまま反射機能層5で反射されて白表示を呈する。液晶電気光学媒体が散乱状態である場合には画素は光散乱状態であり、入射光は所定の方向へ反射せず、黒表示となる。

【0046】この液晶電気光学媒体としては電界により液晶が動作し散乱-透過状態が変化するものであればよく、液晶が高分子など固化物マトリクスに分散保持された液晶固化物複合体、コレステリック液晶、スメクチック液晶等が例示される。なかでも、応答性、コントラストなどに優れた液晶固化物複合体がこの第2の発明に用いる液晶電気光学媒体として適している。

固化物マトリクスに分散保持されており、無電界状態で散乱状態、電界の印加により散乱が弱まり透過状態となる液晶固化物複合体を例に説明する。

【0048】通常、TN液晶素子では対向電極基板上に不透明な金属などでブラックマスクを形成し、不要な光を排除して表示画像のコントラスト低下を防止する。しかし、本発明のような散乱型表示素子の場合においては、対向基板上の金属膜は、対向基板と金属との界面での反射を引き起こし、コントラストの低下を招く。また、一方、単純に対向基板上のブラックマスクを取り除いただけでは、行配線、列配線と対向電極間の電圧によって液晶固化物複合体が透明状態となり、入射光は行配線、列配線表面に到達し反射するため、不要な反射光が増加し、画像のコントラストを劣化させる。

【0049】これを防ぐためにアルミニウム等の金属膜を用いた画素電極を層間絶縁膜上で、行配線、列配線、能動素子を極力覆うように形成することが試みられているが、良好な反射率を持つアルミニウム表面を得ることは一般に困難である。

【0050】そこで本発明では、コントラストの低下なく高い開口率、高い光利用効率を達成するために、上記の如く誘電体多層薄膜ミラーを用い、ITO等の透明電極で表示電極を形成する。この構成では、液晶セル組み立て工程における熱処理温度程度では、反射率の劣化はなく、安定した特性を得ることができる。

【0051】また、通常誘電体多層薄膜ミラーは薄膜能動素子を構成する各種の膜に比べて膜厚が大きく、能動素子の電極とミラー上の表示電極を接続する際に、ミラーに開口したスルーホールの被覆性が問題となるが、ITO等の透明電極は被覆性にも優れ、有利である。

【0052】一方、ミラーの膜厚が大きいために、表示電極を行配線や列配線に重ねても重なり容量は小さく、重ねなかった場合に対向電極との間に液晶固化物複合体を介して形成される容量と同程度であり波形のなまりなど駆動上の大きな障害を回避することができる。

【0053】この第2の発明における構成は散乱型の液晶表示素子において特に有効であり優れた特性を発揮することができる。液晶固化物複合体などの散乱型素子をライトバルブとして用いる場合、偏光板による吸収を利用したTN型などの透過-吸収型素子の場合と大きく異なり投射光学系と一体になって高いコントラストなどが達成される。

【0054】この投射光学系においては透過状態での透過光が投射され散乱状態での拡散光が投射されないように、シュリーレン光学系など拡散光を減ずる装置、例えば、アパーチャーやスポットなどの一種の絞りを設置することにより、表示コントラストを大きくすることができる。

【0055】このような散乱型表示素子を用いた場合の

述した。

【0056】本願の第2の発明では、反射ミラーとして誘電体多層膜ミラーを用いているために熱的なプロセスを経過した後にも良好なミラー面が提供され散乱型素子として高いコントラストと高い光利用効率を達成できる。従来の透過型表示素子の画素電極の上に誘電体多層膜ミラーを形成するだけでも高い反射率は達成できるが、開口率、駆動電圧の面で優れているとはいえない。

【0057】このような構成では、開口率は透過型の表示素子と同等にしかならず高精細になるほど極端に開口率が低下する。また、画素電極と対向電極間に液晶媒体と反射ミラーの両方が挟持されることにより電圧の一部が反射ミラーの層により失われ、結果として駆動電圧が高くなってしまう。

【0058】第2の発明においては、誘電体多層膜ミラーの上に画素電極として透明電極を配置しているため、開口率を制限する要素はほとんどなく大きな開口率が達成できる。また、画素電極と対向電極間にミラーが存在しないので、印加される電圧は液晶光学媒体の駆動のみに用いられ駆動電圧の上昇はほとんど生じない。

【0059】したがって、誘電体多層膜ミラー上に透明電極で画素電極を形成することは、開口率、コントラストを向上させながら、電気的な特性の低下を防ぐ優れた手段である。

【0060】用いる散乱型素子としては電圧を印加しない状態で散乱状態である素子が最も適している。この場合、画素電極間の隙間の部分は常に散乱状態であるために対向基板側にブラックマスクなど特別な遮光手段を設けなくともその部分は黒として投射される。このため、ブラックマスクによる開口率の低下はなく、原理的に100%近い開口率の達成が可能である。

【0061】TN型の素子の場合、画素電極の端の部分では、電界の歪みにより光のリークが生じるため、たとえ本発明の電極構成をとったとしてもブラックマスクは必須であり、開口率は阻害される。したがって、本発明の素子では、偏光板を利用しないことによる光利用効率の改善以上に利用効率を高めることができる。この場合、画素電極は行配線（行電極）、列配線（列電極）をできるだけ覆うように構成することが望ましい。画素電極間の隙間にある行配線、列配線の部分では、その配線と対向電極間の電圧によって液晶固化物複合体が透明状態となり、不要な反射光が増加し、画像のコントラストを劣化させるからである。

【0062】この画素電極と配線部分のオーバーラップは、配線部分の80%以上の面積が隠されるように画素電極を配置することが望ましく、より望ましくは90%以上とされる。このようにすることにより、特別な画素間の遮光手段は不必要とできる。もちろん、この場合、画素間に残る微小な配線部分を覆うようにブラックマス

も、通常のTN型素子のように画素間領域を全てブラックマスクで覆うようなことは必要ない。このように、本発明の構成では、従来きわめて困難であった非常に高い開口率を達成することができる。

【0063】次に、電気光学媒体として用いられる液晶固化物複合体について説明する。

【0064】本発明で用いる液晶固化物複合体としては、細かな孔の多数形成された固化物とその孔の部分に充填されたネマチック液晶とからなる液晶固化物複合体が用いられる。その電極間へ電圧を印加しないときに、固化物の屈折率と液晶の屈折率とが不一致状態になり、散乱状態になる。逆に、しきい値電圧よりも十分に高い電圧を印加したときに、固化物の屈折率と液晶の屈折率とが一致状態になり、透過状態になる。なお、ここでいう固化物の屈折率とは、固化物が液晶で膨潤しているときには、その膨潤した状態での屈折率をいう。

【0065】この細かな孔の多数形成された固化物その孔の部分に充填された液晶とからなる液晶固化物複合体は、マイクロカプセルのような液泡内に液晶が封じ込められたような構造であるが、個々のマイクロカプセルが完全に独立していなくてもよく、多孔質体のように個々の液晶の液泡が細隙を介して連通していてもよい。

【0066】本発明の液晶光学素子は、固化物にネマチック液晶が分散保持された構造を有する。この液晶光学素子は、孔の開いた固化物にネマチック液晶を含浸させて製造してもよいが、生産性、均一性、散乱性等の点からみて、ネマチック液晶と硬化性化合物の混合物を原料として用い、硬化性化合物の硬化時にネマチック液晶を分離させる製法により製造されることが好ましい。

【0067】具体的には、ネマチック液晶と硬化性化合物との均一溶液を用い、硬化性化合物が硬化する際に、相分離を起してネマチック液晶が固化物マトリクス中に分散された液晶固化物複合体を形成するような製法が好ましい。この製法によれば、均一な液晶固化物複合体を生産性良く製造できる。なお、ここでいう固化物を形成する硬化とは、モノマーやオリゴマーが高分子化する硬化、架橋による硬化、熱による溶融状態から冷却による固化を含む。

【0068】また、ネマチック液晶と硬化性化合物とによるエマルジョンを形成し、予めネマチック液晶と硬化性化合物とを細かな分散状態に分離させておき、硬化性化合物を硬化させて、その分散を固定する製法も可能である。

【0069】特に、本発明ではネマチック液晶と硬化性化合物との均一溶液から相分離により製造する方法が好ましい。このため、硬化性化合物として光硬化性化合物を用いることが、生産性からみて好ましい。即ち、溶媒の除去を要しないため、密閉系内で硬化でき、従来のTN型液晶表示素子のようにセル内に注入する方式が利用

11

ので、硬化工程が短くてすみ、かつ液晶粒径の制御が容易になり好ましい。

【0070】この場合、光硬化性ビニル系化合物の使用が好ましい。具体的には、光硬化性アクリル系化合物が例示され、特に、光照射によって重合硬化するアクリルオリゴマーを含有するものが好ましい。

【0071】さらに、本発明においては対向基板側にブラックマスクが無い場合、紫外線などによる均一な光重合硬化が容易に行える。

【0072】本発明で使用されるネマチック液晶は、固化物の屈折率が、電圧印加時または非印加時のいずれかにおいて、その液晶の屈折率と一致するような液晶であり、単独で用いても組成物を用いてもよいが、動作温度範囲、動作電圧など種々の要求性能を満たすには組成物を用いた方が有利といえる。特に、正の誘電異方性を有し、固化物の屈折率が、液晶の常光屈折率 n_0 と一致するような液晶の使用が好ましい。

【0073】また、液晶固化物複合体に使用される液晶は、光硬化性化合物を用いた場合には、光硬化性化合物を均一に溶解することが好ましく、光露光後の硬化物は溶解しない、もしくは溶解困難なものとされ、組成物を用いる場合は、個々の液晶の溶解度ができるだけ近いものが望ましい。

【0074】液晶固化物複合体を製造する場合、従来の通常の液晶光学素子のように、一対の電極付きの基板を電極面が相対向するように配置して、周辺をシール材でシールして、注入口から未硬化の液晶固化物複合体用の混合液を注入して、注入口を封止してもよいし、一方の基板上に硬化性化合物と液晶との未硬化混合物を供給し、他方の基板を電極面が相対向するように重ね合わせるようにして製造してもよい。

【0075】本発明に用いる液晶固化物複合体には、その液晶中に二色性色素や単なる色素、顔料を添加したり、硬化性化合物として着色したものを使用したりしてもよい。この他、粘度調整剤、電極間間隙を調整するスペーサー、非液晶の添加剤等を添加してもよい。

【0076】本発明では、液晶固化物複合体として液晶を溶媒として使用し、光露光により光硬化性化合物を硬化させることにより、硬化時に不要となる単なる溶媒や水を蒸発させる必要がない。このため、密閉系で硬化できるため、従来のセルへの注入という製造法がそのまま採用でき、信頼性が高く、かつ、光硬化性化合物で二枚の基板を接着する効果も有するため、より信頼性が高くなる。

【0077】このように液晶固化物複合体とすることにより、上下の透明電極が短絡する危険性が低く、かつ、通常のTN型の表示素子のように配向や基板間隙を厳密に制御する必要もなく、透過状態と散乱状態とを制御しうる液晶光学素子を極めて生産性良く製造できる。

12

適な構成は以下の要因を用途に応じて最適化すればよい。液晶固化物複合体を用いた液晶光学素子の電気光学特性を決める要因としては、使用する液晶の屈折率（常光屈折率 n_0 、異常光屈折率 n_e ）、粘性 η 、固化物の屈折率 n_m 、固化物マトリクス中に分散保持される液晶の平均粒子径 R 、および、電極付き基板間隙（液晶固化物複合体の厚み） d がある。

【0079】なお、それらの他、液晶の比誘電率、弾性定数、使用する固化物の比誘電率 ϵ_m 、弾性率、および、固化物マトリクス中に分散保持される液晶の体積分布率 ϕ 、駆動のための最大実効印加電圧 V 等も最適化することが好ましい。

【0080】本発明の液晶平均粒子径 R とは、液晶が独立した粒子または一部が連通した粒子である場合には、その粒子の最大直径を意味し、液晶の多くが連通した構造の場合には、液晶のディレクターの向きが互いに相関を持つ領域の最大直径を意味する。

【0081】固化物マトリクス中に分散保持される液晶は、独立した粒子、または一部が連通した粒子であることが好ましい。これは、低電圧で駆動でき、高い散乱能と高い透過性を両立させるために有効である。

【0082】本発明の液晶固化物複合体を用いた液晶光学素子の電気光学特性としては、電圧印加時および非印加時のいずれか一方で高い散乱性を有し、かつ、他方で高い透過性を有すること、即ち、高いコントラスト比が得られることが望まれる。このような液晶光学素子を用いて、投射型表示装置を構成した場合、高透過率（光源の光量の有効利用）かつ高コントラスト比の投影装置を得ることができる。

【0083】本発明の最も大きな目的は、高いコントラスト比（オンオフ比）を示す液晶固化物複合体を用いた液晶光学素子を得ることである。以下の説明では、固化物の屈折率 n_m が、使用する液晶の常光屈折率 n_0 と一致するようにされ、電圧印加時に透過状態になる液晶光学素子を例にして説明する。

【0084】使用する液晶の屈折率異方性 Δn は、無電圧時における散乱性に寄与し、高い散乱性を得るには、ある程度以上大きいことが好ましく、具体的には $\Delta n \geq 0.18$ とされ、 $\Delta n \geq 0.20$ が特に好ましい条件である。一方、 Δn が余り大きすぎるとオン時の透過性やしきい値特性、温度特性という点では、不利となるため、 $\Delta n \leq 0.29$ が好ましい。

【0085】また、使用する液晶の常光屈折率 n_0 は固化物の屈折率 n_m とはほぼ一致することが好ましく、この時電圧印加時に高い透明性が得られる。具体的には $n_0 - 0.03 < n_m < n_0 + 0.05$ の関係を満たすことが好ましい。

【0086】固化物マトリクス中に分散保持される液晶の平均粒子径 R は非常に重要な要因であり、無電圧時の

圧時の散乱性は、使用する液晶の屈折率異方性 Δn 、光の波長 λ 、液晶の平均粒子径 R の係数により変化するが、 λ が可視光線域において、単位動作液晶量あたりの散乱性が最大になるのは、平均粒子径 R (μm) が、

【0087】

$$0.3 < \Delta n \cdot R < 0.8 \quad (1)$$

の関係を満たすときである。

【0088】平均粒子径 R が(1)式の範囲よりも小さい場合、応答速度は速くなるが、単位動作液晶量当りの散乱能が低下すると共に、駆動に必要な電圧が高くなる。逆に、平均粒子径 R が(1)式の範囲よりも大きい場合、低電圧で駆動可能となるが、単位動作液晶量当りの散乱能が低下すると共に、応答速度は遅くなる。

【0089】液晶の粒子径は、均一であることが好ましい。粒子径に分布がある場合、大きな液晶粒子は散乱能の低下に、小さな液晶粒子は駆動電圧の上昇につながり、結果として、駆動電圧の上昇とコントラストの低下を招く。粒子径の分散 σ は平均粒子径の0.25倍以内が望ましく、0.15倍以内がより望ましい範囲である。なお、平均粒子径、分散は体積で重み付けをした平均、分散である。

【0090】液晶固化物複合体の厚さ、即ち電極間隙 d (μm) も重要な要因である。 d を大きくすると、無電圧時の散乱性は向上し、しきい値特性も鋭くなってゆく。しかし、 d があまり大きすぎると、電圧印加時の十分な透明性を達成するために高い電圧を必要とし、消費電力の増大や、従来のTN用の液晶表示素子の駆動用ICが使用できないといった問題や、しきい値特性が悪くなってしまうという問題が生じてくる。また、 d を小さくすると、低電圧で高い透明性が得られるが、無電圧時の散乱性は減少していく。このため、

$$【0091】 3R < d < 8R \quad (2)$$

の関係を満たすことが好ましい。この(2)式の関係を満たすことにより、オフ時の高い散乱性、オン時の高い透過性および良いしきい値特性を得ることができる。

【0092】本発明の表示素子を用いた投射型表示装置においては、投射光学系中に拡散光を減ずる装置を用いることにより高いコントラストを発揮できる。拡散光を減ずる装置とは、液晶表示素子を通過した光のうち、入射光に対して直進する光(画素部分が透過状態の部分透過する光)を取り出し、直進しない光(液晶樹脂複合体が散乱状態の部分で散乱される光)を減ずるものであればよい。特に、直進する光は減ずることなく、直進しない光は拡散光を減ずることが好ましい。

【0093】また、他の例としては、アパーチャーやスポットの代りに、小さな面積を有する鏡を同じ位置に斜めに配置し、反射させてその光軸上に配置された投射レンズを通して投射させることもできる。また、このような集光レンズを用いることなく、投射レンズにより光線

た、特別なアパーチャー等を用いなくとも、投射用レンズの焦点距離、口径を、散乱光が除去されるように選択してもよい。

【0094】また、マイクロレンズ系なども用いることもできる。具体的には、液晶表示素子の投射光学系側にマイクロレンズアレイと細やかな穴がアレイ化されたスポットアレイを配置して、不要な散乱光を除去することができる。この場合、散乱光除去に必要な光路長を非常に短くすることができるため全体の投射型表示装置をコンパクトにできるという利点を持つ。光路長の短縮に関しては、投射光学系の中に散乱除去系を組み込むことも有効である。この場合、独立に投射光学系と散乱除去系を設置するより光学系がシンプルになると共に、サイズを小さく抑えることができる。

【0095】これらの光学系は、ミラー、ダイクロイックミラー、プリズム、ダイクロイックプリズム、レンズなどと組合せ、画像の合成、カラー化ができる。また、カラーフィルターと組み合わせることによっても画像のカラー化が可能である。投射スクリーン上に到達する直進成分と散乱成分との比は、スポット、鏡等の径およびレンズの焦点距離により制御可能で、所望の表示コントラスト、表示輝度を得られるように設定すればよい。

【0096】拡散光を減ずる装置を用いる場合、表示の輝度を上げるためには、投射用光源から液晶表示素子に入射される光はより平行であることが好ましい。そのためには、高輝度でかつできるだけ点光源に近い光源と、凹面鏡、コンデンサーレンズ等を組み合わせて投射用光源を構成することが好ましい。

【0097】

【実施例】以下に図面を参照しながら、本願の第1の発明における実施例を説明する。

【0098】(実施例1)図4は、図1に示した基本的な構造をTFTアレイに適用した場合の液晶表示素子の一画素近傍の断面図。および、図5は平面図である。

【0099】本実施例のTFTアレイは、絶縁性の基板101上に成膜された下地膜102の上に形成された半導体層103、ゲート絶縁膜104、ゲート電極105、補助容量105A(図5参照)、層間絶縁膜106、ソース・ドレイン電極107、108と、これらを覆うように形成された誘電体多層膜ミラー109と、誘電体多層膜ミラーの上に形成されたブラックマトリクス110とからなる。

【0100】さらに本実施例の液晶表示素子は透明電極122が形成された透明な対向基板121と、TFTアレイが形成された基板101との間に液晶固化物複合体130が挟持されている。

【0101】TFTアレイの作成工程を以下に説明する。ガラス基板101上にプラズマCVD法で下地膜102となる酸化シリコン、および非晶質シリコン、窒化

15

離脱させた後にレーザを用いて非晶質シリコン層を多結晶化させる。

【0102】窒化シリコン層を全面エッチングして除去し、さらにフォトリソ法により所定の形状にパターニングすることにより多結晶シリコン膜103を形成する。窒化シリコン層は省略することも可能である。基板にはガラスを用いたが、絶縁性であればよく、石英やセラミックス等も利用可能である。

【0103】非晶質シリコンは減圧CVD法あるいはスパッタ法で成膜してもよい。多結晶化にレーザを用いたが600℃近辺の熱処理法を用いてもよいし、減圧CVD法等で直接多結晶シリコンを堆積してもよい。その場合には窒化シリコン層は不要である。

【0104】さらに、プラズマCVD法でゲート絶縁膜104となる酸化シリコン膜を、スパッタ法でCrを成膜する。フォトリソ法でCrをパターニングしてゲート電極105および補助容量電極105Aを形成する。このCrをマスクとして酸化シリコン層をドライエッチングする。

【0105】露出した多結晶シリコン領域にイオン注入法により不純物を注入し、ソース・ドレイン領域を形成する。ゲート電極にはヘビードープ多結晶シリコン、Al、Ta等良く知られた材料を使うことができるし、ゲート絶縁膜は減圧CVD法、スパッタ法、熱酸化法を用いてもよい。また、酸化シリコンだけでなく、窒化シリコン、酸化タンタルあるいはこれらの積層膜を利用して

【0106】次に、プラズマCVD法で層間絶縁層として窒化シリコンを成膜し、多結晶シリコン103の不純物領域上にドライエッチングによりスルーホールをあけ、Cr、Alを順次スパッタ法で成膜する。フォトリソ法により、Al、Crをパターニングしてそれぞれ所定の形状として積層されたソース・ドレイン電極108、107を形成する。Cr電極107はAl電極108よりも延在し、画素電極を形成する。

【0107】層間絶縁層としては酸化シリコン、あるいは酸素ドーパ窒化シリコン等も使えるし、減圧CVD法、常圧CVD法、スパッタ法も用いることができる。ソース・ドレイン電極にはMo、W、Ti、ITO等公知の材料を用いることができる、またはこれらの積層膜を用いてもよい。

【0108】次に、誘電体多層膜ミラーを形成する。真空蒸着法により屈折率1.45の酸化シリコン膜と屈折率2.1の酸化タンタル膜を交互にそれぞれ光学膜厚 $n \cdot d = \lambda / 4$ (λ はそれぞれ赤青緑の波長)で23層積層し、赤青緑の各波長帯域で反射率が98%以上となるような誘電体多層膜ミラー109を形成する。このときそれぞれの誘電体多層膜ミラーの総膜厚は1.6~2.1 μm である。ここでは酸化タンタルのかわりに酸化チタ

16

【0109】次に、Crをスパッタ法で成膜し画素電極の間隙、TFT素子の上を覆うようにパターニングして画素間電極110を形成する。

【0110】次に、周辺の端子領域をドライエッチングにより開口させてTFTアレイ基板とする。

【0111】さらに本実施例の液晶表示素子の作成工程の説明をする。

【0112】ガラス基板121の一方の面に入射光に対する反射防止処理123を施す。もう一方の面に反射防止処理を施した上に、ITOをスパッタ法により成膜して対向電極122とし、対向電極基板とする。

【0113】ネマチック液晶と、二官能ウレタンアクリレートオリゴマー、アクリレートモノマー、光反応開始剤を均一に溶解し、上記により構成されたTFTアレイ基板と対向電極からなる電極間隙12 μm のパネルに注入し、紫外線照射により重合硬化させ、液晶固化物複合体が基板間に挟持された液晶光学素子を作成した。なお、スペーサーとして、約12 μm 径のプラスチックビーズを用いた。

【0114】固化物マトリクス中の液晶の平均粒子直径は約2.5 μm であった。また、用いた液晶の物性は、室温、可視光における屈折率異方性 Δn が0.21、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ は10.9、粘度は約35 (cSt)であった。このパネルを緑用とした。

【0115】同様に赤用、青用のパネルを作成した。緑用のパネルとは電極間隙を変化させ、赤用は約14 μm 、青用は約11 μm とした。このとき、それぞれの誘電体多層膜ミラーは各色用に適合したものとしている。これらのパネルはオフ状態では強い散乱状態を示し、5V程度より散乱が低下し8V程度ではほぼ完全な反射ミラー状態(液晶の透過状態)となった。

【0116】図6(平面図)と図7(側面図)に示すように、投射型表示装置を構成した。光源系としては、150Wのメタルハライドランプ211、楕円鏡212、絞り213などにより構成される光源系201を用い、光源からの光束の平行度は約 ± 4.5 度であった。

【0117】色分離合成用に二枚のダイクロイックミラー221、222を用い、白色光をRGBの3色に分離しそこに集光用レンズ230と各液晶表示素子(液晶パネル)231、232、233を配置した。用いた投射レンズ242は内部に絞り241を有するもので、Fナンバーが約6(集光半角4.8度)となるように絞りを調整した。

【0118】最大駆動電圧が8Vとなるように駆動系を設定し、ビデオ信号により各液晶表示素子を駆動した。前述した、各液晶表示素子のブラックマトリクス110の電位は対向電極112の電位と等しくする。各パネル全面に8Vの電圧を印加した状態では投射レンズより投射される光量は約420 (lm)であった。電圧オン状

17

【0119】この投射型表示装置を用い、スクリーン上で画像が100インチ対角となるように設定し動画表示を行ったところ、高輝度、高コントラストの動画表示が得られ、通常の周辺環境（室内照明として蛍光灯を点灯した状態）においても、白黒のコントラスト比は約50:1であり、蛍光灯を消灯した暗室状態での画像と遜色の無いものであった。

【0120】このように、本実施例においては従来のTN方式液晶表示素子をはるかに超える明るさの投射画像を得ることができ、大型画面の表示装置として極めて有用なものである。

【0121】（実施例2）図8は、図3に示した基本的な構造をTFTアレイに適用した場合の液晶表示素子の一画素近傍の断面図である。および、図9は平面図である。

【0122】この実施例2のTFTアレイは、絶縁性の基板301上に成膜された下地膜302の上に形成された半導体層303、ゲート絶縁膜304、ゲート電極305、補助容量305A（図9参照）、層間絶縁膜306、ソース・ドレイン電極307、308と、これらを覆うように形成された絶縁膜309と、この絶縁膜の上に形成された画素電極310と、この画素電極を覆うように形成された誘電体多層膜ミラー311と、この誘電体多層膜ミラーの上に形成されたブラックマトリクス312とからなる。

【0123】さらに本実施例の液晶表示素子は透明な電極322が形成された透明な基板321と、TFTアレイが形成された基板301との間に液晶固化物複合体330が挟持されている。

【0124】TFTアレイの作成工程を以下に説明する。ガラス基板301上にプラズマCVD法で下地膜302となる酸化シリコン、および非晶質シリコン、窒化シリコンを順次積層する。熱処理によって膜中の水素を離脱させた後にレーザを用いて非晶質シリコン層を多結晶化させる。

【0125】窒化シリコン層を全面エッチングして除去し、さらにフォトリソ法により所定の形状にパターニングすることにより多結晶シリコン膜303を形成する。さらに、プラズマCVD法でゲート絶縁膜304となる酸化シリコン膜を、スパッタ法でCrを成膜する。フォトリソ法でCrをパターニングしてゲート電極305および補助容量電極305Aを形成する。このCrをマスクとして酸化シリコン層をドライエッチングする。露出した多結晶シリコン領域にイオン注入法により不純物を注入し、ソース・ドレイン領域を形成する。

【0126】次に、プラズマCVD法で層間絶縁層として窒化シリコンを成膜し、多結晶シリコン303の不純物領域上にドライエッチングによりスルーホールをあけ、Cr、Alを順次スパッタ法で成膜する。フォトリ

18

定の形状として積層されたソース・ドレイン電極308、307を形成する。Cr電極307はAl電極308よりも延在し、補助容量電極を形成する。

【0127】次に、プラズマCVD法によりシリコン窒化膜を成膜して絶縁膜309とし、ソース・ドレイン電極307、308のうち、Crが延在した部分にスルーホールをあける。さらに、Crをスパッタ法にて成膜し、所定の形状にパターニングして画素電極310とする。

【0128】次に、誘電体多層膜ミラー311を実施例1と同様の方法で形成する。次に、Crをスパッタ法で成膜し画素電極の間隙を覆うようにパターニングしてブラックマトリクス312を形成する。

【0129】次に、周辺の端子領域をドライエッチングにより開口させてTFTアレイ基板とする。

【0130】以下、アクティブマトリクス式の液晶表示素子の作成工程は実施例1と同様である。実施例1と同様の投射光学系に組み込んだところ、実施例1に比べて開口率が高くとれるために投射画像は明るくなり、450（1m）であった。

【0131】なお、実施例1、2においてはトップゲート型の多結晶シリコンTFTアレイを用いたが、これに限定されるものではなくTFTの構造としてボトムゲート型でもよいし、半導体材料も非晶質シリコン、化合物半導体でもよい。また、結晶シリコンウエハ上に形成されるMOSTランジスタアレイであっても本発明の効果は同様に得られる。さらに能動素子としてPINダイオード、MIMダイオードなどの二端子素子を用いてもよい。

【0132】以下に図面を参照しながら、本願の第2の発明の実施例を説明する。

【0133】（実施例3）図11は、前述した基本的な構造をTFTに適用した場合のアクティブマトリクス方式の液晶表示素子の画素近傍の断面図である。および、図12は平面図である。

【0134】本実施例のTFTアレイは、絶縁性の基板401上に成膜された下地膜402の上に形成された半導体層403、ゲート絶縁膜404、ゲート電極405、補助容量405A、層間絶縁膜406、ソース・ドレイン電極407、408と、これらを覆うように形成された誘電体多層膜ミラー409と、ソース・ドレイン電極407上に形成されたスルーホールを介してTFTと接続される画素電極410とからなる。

【0135】さらに、本実施例のアクティブマトリクス方式の液晶表示素子は透明電極412が形成された透明基板411と、本能動素子アレイとの間に液晶固化物複合体414が挟持されている。

【0136】TFTアレイの作成工程を以下に説明する。ガラス基板401上にプラズマCVD法で下地膜4

シリコンを順次積層する。熱処理によって膜中の水素を離脱させた後にレーザを用いて非晶質シリコン層を多結晶化させる。窒化シリコン層を全面エッチングして除去し、さらにフォトリソ法により所定の形状にパターニングすることにより多結晶シリコン膜403を形成する。窒化シリコン層は省略することも可能である。

【0137】基板にはガラスを用いたが、絶縁性であればよく、石英やセラミックス等も利用可能である。非晶質シリコンは減圧CVD法あるいはスパッタ法で成膜してもよい。多結晶化にレーザを用いたが600℃近辺の熱処理法を用いてもよいし、減圧CVD法等で直接多結晶シリコンを堆積してもよい。その場合には窒化シリコン層は不要である。

【0138】さらに、プラズマCVD法でゲート絶縁膜404となる酸化シリコン膜を、スパッタ法でCrを成膜する。フォトリソ法でCrをパターニングしてゲート電極405および補助容量電極405Aを形成する。このCrをマスクとして酸化シリコン層をドライエッチングする。露出した多結晶シリコン領域にイオン注入法により不純物を注入し、ソース・ドレイン領域を形成する。ゲート電極にはヘビードープ多結晶シリコン、Al、Ta等良く知られた材料を使うことができるし、ゲート絶縁膜は減圧CVD法、スパッタ法、熱酸化法を用いてもよい。

【0139】また、酸化シリコンだけでなく、窒化シリコン、酸化タンタルあるいはこれらの積層膜を利用して、次に、プラズマCVD法で層間絶縁層として窒化シリコンを成膜し、多結晶シリコン403の不純物領域上にドライエッチングによりスルーホールを明け、Cr、Alを順次スパッタ法で成膜する。フォトリソ法により、Al、Crをパターニングしてそれぞれ所定の形状として積層されたソース・ドレイン電極408、407を形成する。

【0140】層間絶縁層としては酸化シリコン、あるいは酸素ドーパ窒化シリコン等も使えるし、減圧CVD法、常圧CVD法、スパッタ法も用いることができる。ソース・ドレイン電極にはMo、W、Ti、ITO等の公知の材料が用いられる、または、これらの積層膜を用いてもよい。次に、誘電体多層膜ミラーを形成する。

【0141】真空蒸着法により屈折率1.45の酸化シリコン膜と屈折率2.1の酸化タンタル膜を交互にそれぞれ光学膜厚 $nd = \lambda/4$ (λ はそれぞれ赤青緑の波長)で23層積層し、赤青緑の各波長帯域で反射率が98%以上となるような誘電体多層膜ミラー409を形成する。このときそれぞれの誘電体多層膜ミラーの総膜厚は1.6~2.1 μm である。ここでは酸化タンタルのかわりに酸化チタンなども用いることができる。

【0142】次に、Crよりなるソース・ドレイン電極407のうちの、Alよりなるソース・ドレイン電極4

にスルーホールを明け、ITO膜をスパッタ法により成膜する。これを所定の形状にパターニングし、画素電極とする。画素電極は隣接する行配線(列電極)、列配線(列電極)を可能な限り覆うようにし、開口率の向上を実現する。両隣りの列配線上は面積が等しくなるようにし、列配線-画素電極間の寄生容量が等しくなるようにしたが、これに限定されるものではない。

【0143】次に、周辺の端子領域をドライエッチングにより開口させてTFTアレイ基板とする。さらに、本実施例のアクティブマトリクス方式の液晶表示素子の作成工程の説明をする。ガラス基板111の一方の面に入射光に対する反射防止処理413を施す。もう一方の面に反射防止処理を施した上に、ITOの透明電極412をスパッタ法により成膜し、対向電極基板とする。

【0144】ネマチック液晶と、二官能ウレタンアクリレートオリゴマー、アクリレートモノマー、光反応開始剤を均一に溶解し、上記により構成されたTFTアレイ基板と対向電極からなる電極間隙12 μm のパネルに注入し、紫外線照射により重合硬化させ、液晶固化物複合体が基板間に挟持された液晶光学素子を作成した。なお、スペーサーとして、約12 μm 径のプラスチックビーズを用いた。

【0145】固化物マトリクス中の液晶の平均粒子直径は約2.5 μm であった。また、用いた液晶の物性は、室温、可視光における屈折率異方性 Δn が0.21、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ は10.9、粘度は約35(cSt)であった。このパネルを緑用とした。同様に赤用、青用のパネルを作成した。緑用のパネルとは電極間隙を変化させ、赤用は約14 μm 、青用は約11 μm とした。このとき、それぞれの誘電体多層膜ミラーは各色用に適合したものとしている。これらのパネルはオフ状態では強い散乱状態を示し、4V程度より散乱が低下し7V程度ではほぼ完全な反射ミラー状態(液晶の透過状態)となった。

【0146】第1の発明の実施例の場合と同様に、図6と図7に示されるように、投射表示装置を構成した。光源系としては、150Wのメタルハライドランプ211、楕円鏡ミラー212、絞り213などにより構成される光源系201を用い、光源からの光束の平行度は約 ± 4.5 度であった。

【0147】色分離合成用に2枚のダイクロイックミラー221、222を用い、白色光をRGBの3色に分離しそこに集光用レンズ230と各パネル231、232、233を配置した。用いた投射レンズ242は内部に絞り241を有するもので、Fナンバーが約6(集光半角4.8度)となるように絞りを調整した。

【0148】最大駆動電圧が7Vとなるように駆動系を設定し、ビデオ信号により各パネルを駆動した。各パネル全面に7Vの電圧を印加した状態では投射レンズより

21

状態とオフ状態の光量比は約100:1であった。

【0149】この投射型表示装置を用い、スクリーン上で画像が100インチ対角となるように設定し動画表示を行ったところ、高輝度、高コントラストの動画表示が得られ、通常の周辺環境（室内照明として蛍光灯を点灯した状態）においても、白黒のコントラスト比は約50:1であり、蛍光灯を消灯した暗室状態での画像と遜色のないものであった。

【0150】このように、本実施例においては従来のTN方式液晶表示素子をはるかに超える明るさの投射画像を得ることができ、大型画面の表示装置として極めて有用なものである。なお、本実施例においてはトップゲート型の多結晶シリコンTFTアレイを用いたが、これに限定されるものではなくTFTの構造としてボトムゲート型でもよいし、半導体材料も非晶質シリコン、化合物半導体でもよい。また、結晶シリコンウエハ上に形成されるMOSTランジスタアレイであっても本発明の効果は同様である。さらに能動素子としてPINダイオード、MIMダイオードなどの二端子素子を用いてもよい。

【0151】（参考例1）第1の発明の応用例の一部断面図を図13に示す。同一符号は同じ構成要素を示す。この参考例では対向基板の透明電極が微細な凹凸が形成され、不要な正規反射光が除去される効果がある。また、ヒステリシス現象を低減する効果もある。第3の電極は不要な領域の電気光学媒体をしきい値以下に保持する以外に、能動素子への遮光膜としての機能をも有している。

【0152】（参考例2）第2の発明の応用例の一部断面図を図14に示す。同一符号は同じ構成要素を示す。7Aはカプセル化液晶、7Bは固化物であり、両者によって液晶固化物複合体7の層が形成されている。また、この参考例では対向基板の透明電極が微細な凹凸が形成され、不要な正規反射光が除去される効果がある。また、ヒステリシス現象を低減する効果もある。そして、二重電極構造の上段の画素電極によって電気光学媒体が駆動される。入射された光は透過散乱モードの電気光学媒体が透明状態の場合には、反射機能層5で反射される。

【0153】これらの参考例では、基板1の裏面に残留透過光の裏面反射を低減するために、光吸収黒色塗料が塗布されている。

【0154】

【発明の効果】以上の如く、本発明によれば高輝度・高

22

コントラストの反射型液晶ライトバルブが実現できる。同時にシステム全体も軽量かつコンパクトにできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の発明におけるアクティブマトリクス方式の液晶表示装置の基本的構造を模式的に示す断面図。

【図2】第1の発明におけるアクティブマトリクス方式の液晶表示装置の基本的構造を模式的に示す平面図。

【図3】第1の発明の応用例での構造を示す断面図。

【図4】実施例1の一画素近傍を示す断面図。

【図5】実施例1の一画素近傍を示す平面図。

【図6】本発明の液晶表示素子を用いた投射型表示装置の平面図。

【図7】本発明の液晶表示素子を用いた投射型表示装置の側面図。

【図8】実施例2の液晶表示素子の一画素近傍を示す断面図。

【図9】実施例2の液晶表示素子の一画素近傍を示す平面図。

【図10】第2の発明の基本的構造を模式的に示す断面図。

【図11】実施例3の液晶表示素子の一画素近傍を示す断面図。

【図12】実施例3の液晶表示素子の一画素近傍を示す平面図。

【図13】参考例1の一部断面図。

【図14】参考例2の一部断面図。

【符号の説明】

1：基板

2：能動素子

3：列配線（列電極）

4：画素電極

5：反射機能層

6：第3の電極

7：液晶固化物複合体

8：対向電極

9：対向基板

10：入射光

102：下地膜

103：半導体層

104：ゲート絶縁膜

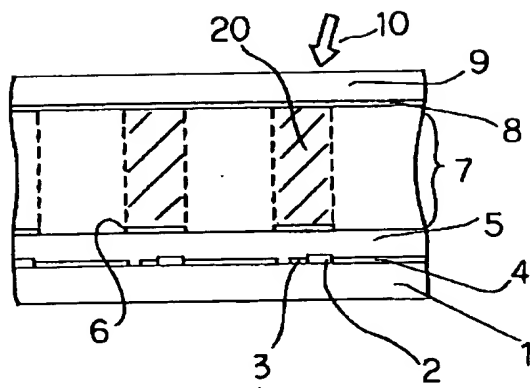
105：ゲート電極

106：層間絶縁膜

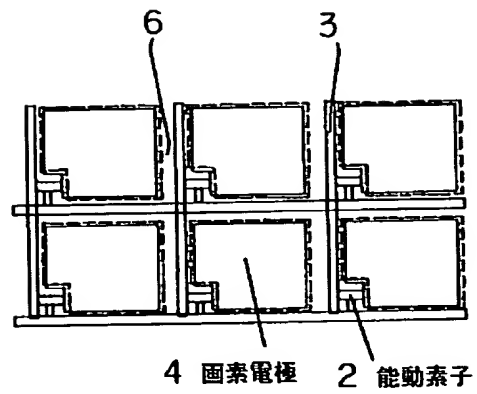
107、108：ソース・ドレイン電極

309：絶縁膜

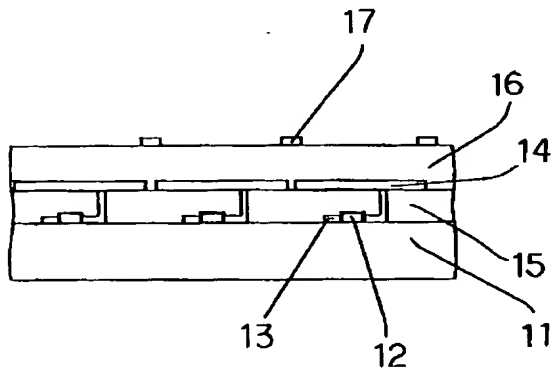
【図1】



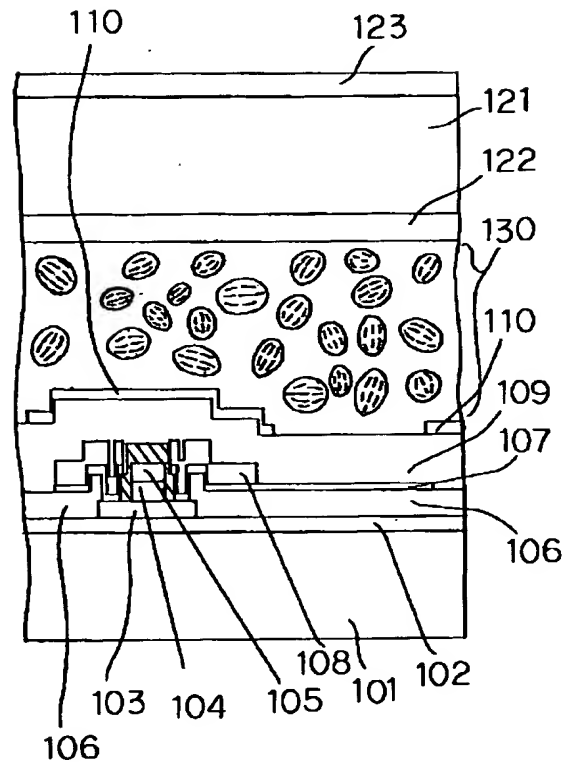
【図2】



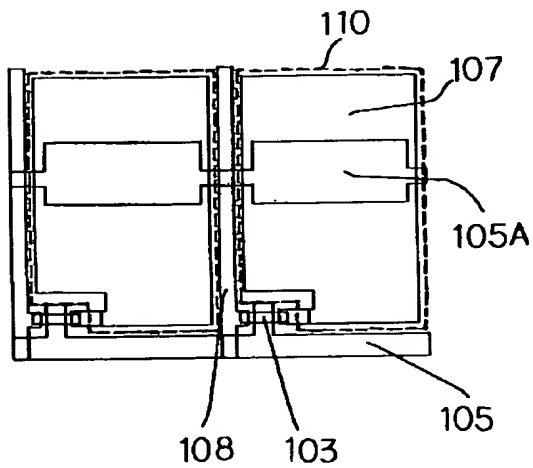
【図3】



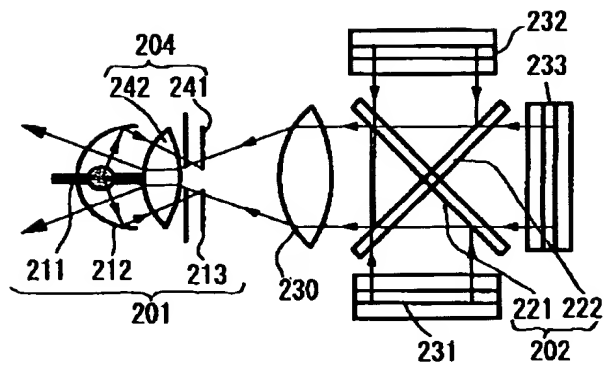
【図4】



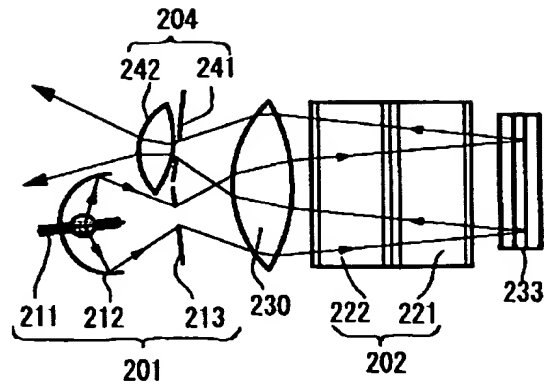
【図5】



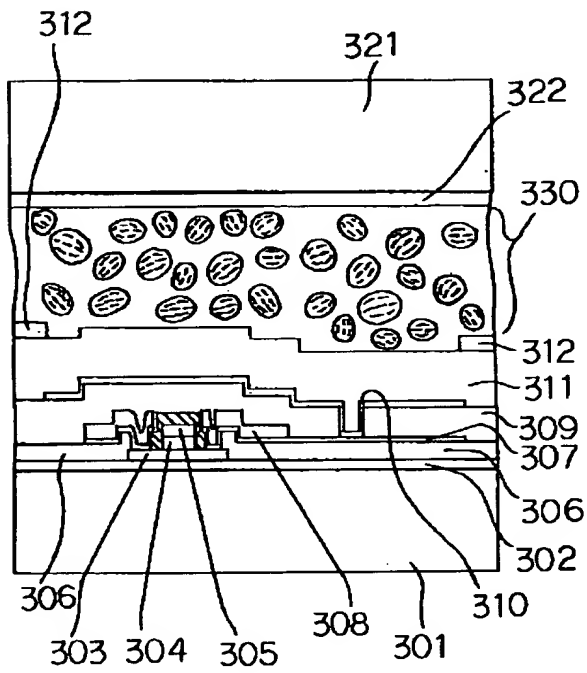
【図6】



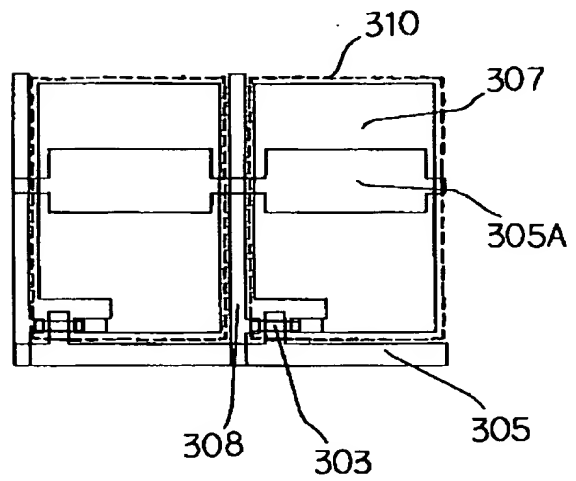
【図7】



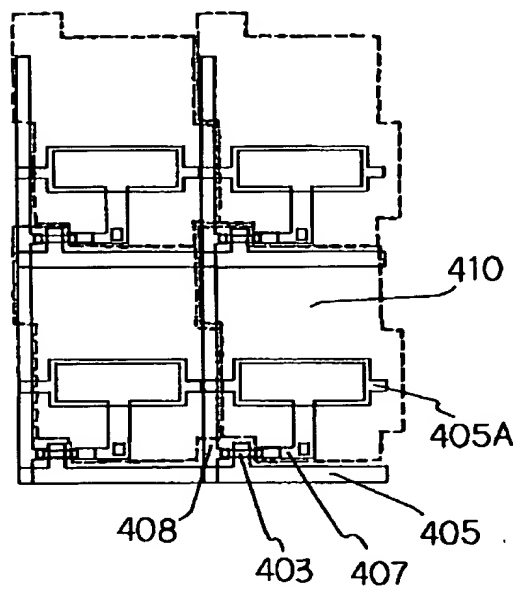
【図8】



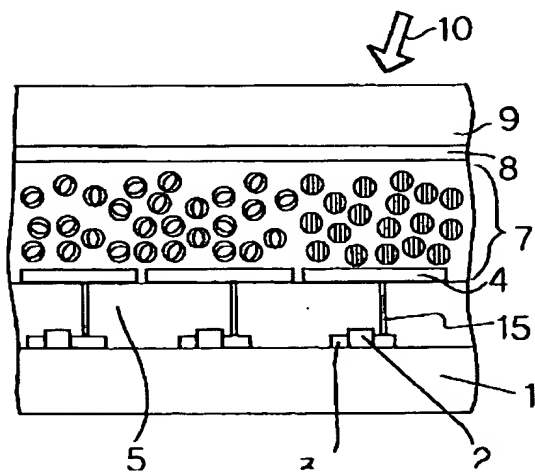
【図9】



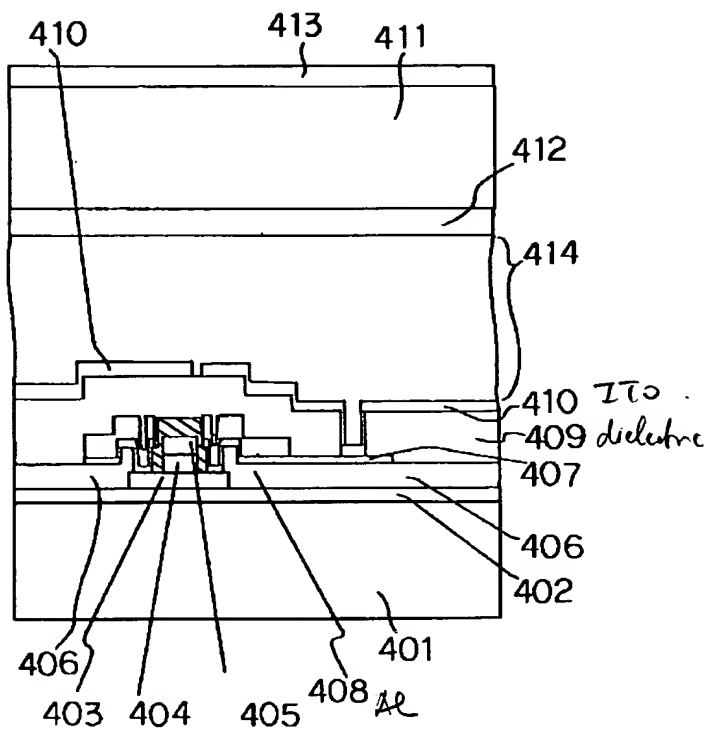
【図12】



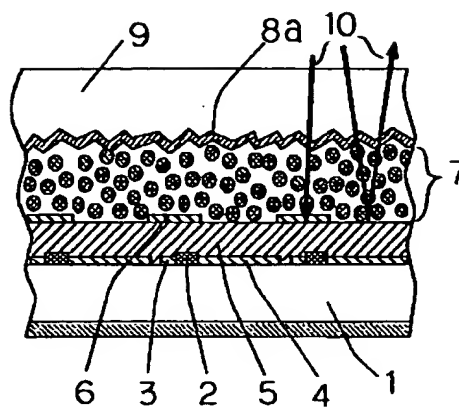
【図10】



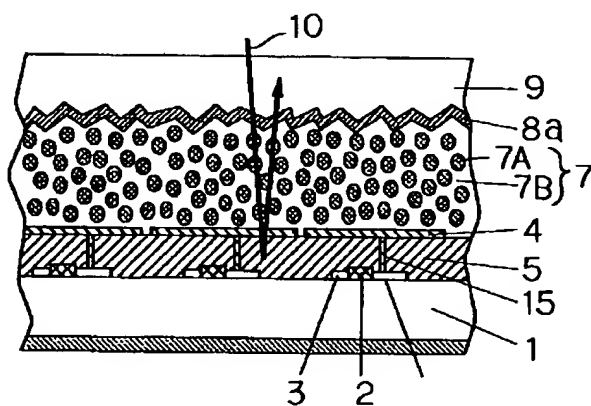
【図11】



【図13】



【図14】



DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 1999 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04937501 **Image available**

LIQUID CRYSTAL DISPLAY ELEMENT AND PROJECTION DISPLAY DEVICE USING
THE SAME

PUB. NO.: **07-230101** [JP 7230101 A]

PUBLISHED: August 29, 1995 (19950829)

INVENTOR(s): KEYAKIDA MASAYA

HIRAI YOSHINORI

APPLICANT(s): A G TECHNOL KK [000000] (A Japanese Company or
Corporation), JP (Japan)

APPL. NO.: 06-019567 [JP 9419567]

FILED: February 16, 1994 (19940216)

ABSTRACT

PURPOSE: To obtain a reflection type liquid crystal light valve with high contrast and high luminance.

CONSTITUTION: This element is a reflection type liquid crystal display element in which nematic liquid crystal is held by scattering in a caking matrix and equipped with a liquid crystal caking complex, and a third electrode 6 is provided on an insulating dielectric film on a wiring part 3 and an active element part 2. The potential of the electrode is kept at low potential so as to always hold the liquid caking complex 7 between picture elements in a scattered state, and also, reflected light from the wiring part 3 can be suppressed, and a satisfactory image can be obtained. In this way, it is possible to obtain a high numerical aperture and a liquid crystal projector with high performance.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-230101

(43) 公開日 平成7年(1995)8月29日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/136	5 0 0		
	1/13	5 0 5		
	1/133	5 5 0		
	1/1333			
	1/1343			

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平6-19567

(22) 出願日 平成6年(1994)2月16日

(71) 出願人 392002206

エイ・ジー・テクノロジー株式会社
神奈川県横浜市神奈川区羽沢町松原1160番地

(72) 発明者 樺田 昌也

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町松原1160番地
エイ・ジー・テクノロジー株式会社内

(72) 発明者 平井 良典

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地
旭硝子株式会社中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 泉名 謙治

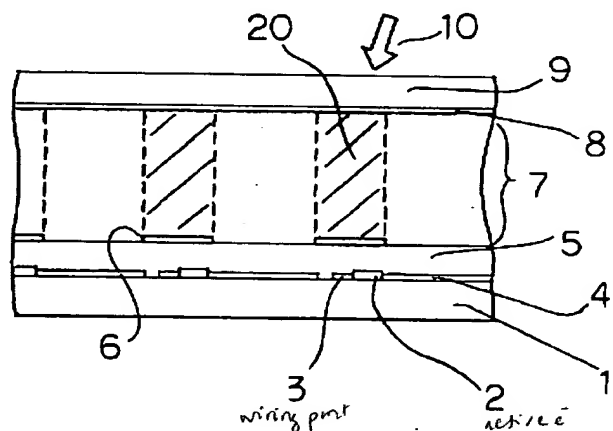
(54) 【発明の名称】 液晶表示素子およびそれを用いた投射型表示装置

(57) 【要約】

【目的】 高コントラスト・高輝度の反射型液晶ライトバルブを得る。

【構成】 ネマチック液晶が固化物マトリクスに分散保持された液晶固化物複合体を備えた反射型の液晶表示素子であって、配線部および能動素子部上の、絶縁性誘電体膜上に第3の電極を設け、その電位を画素間の液晶固化物複合体が常に散乱状態に保たれるよう低電位に保ち、かつ配線部からの反射光を抑制し良好な画像を得る。

【効果】 高い開口率と高効率が得られ高性能の液晶プロジェクターが得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に複数の行配線と複数の列配線とが設けられ、行配線と列配線の交点近傍に能動素子が設けられ、能動素子のゲート電極は行配線に接続され、ソース電極は列配線に接続され、ドレイン電極は表示電極に接続され、少なくとも行配線、列配線、能動素子を覆うように絶縁体層が形成されてなるアクティブマトリクス基板と、基板上に透明電極が形成された対向電極基板との間に、誘電異方性が正のネマチック液晶が固化物マトリクスに分散保持された液晶固化物複合体が挟持され、前記絶縁体層上に、行配線、列配線、能動素子の一部または全部を覆うように第3の電極が形成され、この第3の電極の電位を対向電極の電位に対して液晶固化物複合体層のしきい値以下に保つことを特徴とする液晶表示素子。

【請求項2】透明電極が形成された対向電極基板と、基板上に行配線と、列配線と、行配線と列配線の交点近傍に能動素子が設けられ、行配線、列配線、能動素子を覆うように反射機能層が形成されてなるアクティブマトリクス基板との間に、電界印加状態により散乱状態が変化する液晶電気光学媒体を挟持してなるアクティブマトリクス液晶表示素子であって、画素表示電極は前記反射機能層上、もしくはその上方に形成された透明電極であることを特徴とする液晶表示素子。

【請求項3】請求項2の液晶表示素子において、用いる液晶電気光学媒体が、誘電異方性が正のネマチック液晶が固化物マトリクスに分散保持され無電界状態で散乱状態をなし、電界印加により散乱が減少する液晶固化物複合体であることを特徴とする液晶表示素子。

【請求項4】請求項1～3のいずれか1項の液晶表示素子と、さらに、光源系と、色分離合成光学系と、投射光学系とを組み合わせることを特徴とする投射型液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、透過散乱モードで動作する液晶電気光学媒体を備えた反射型の液晶表示素子に関する。

【0002】

【従来の技術】液晶表示素子をライトバルブに用いた投射型表示素子は、小型・軽量の画面表示の有力な候補として盛んに開発されており、既にNTSCレベルからHDTVレベルまで商品販売もされるに至っている。これまでに商品化されてきたものは全て、ツイスティッド・ネマチック(TN)方式の液晶ライトバルブを用いており、その表示モードも全て透過型である。

【0003】ノーマリ白モードを採用すれば100以上のコントラスト比を容易に得ることができ、鮮明な投射画像を実現できる。一方、偏光板を使用しない方式として、透過-散乱モードを利用した液晶固化物複合体表示

素子の開発が活発に行われている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来例のTN方式の透過型ライトバルブは以下に述べるような欠点がある。

【0005】まず、TN方式においてはその原理上偏光板を用いなければならず、そこで入射してきた光のうちの少なくとも50%を失ってしまう。これにより、投射画像の白色輝度が低くなってしまい、周囲を暗く保った部屋等においては鮮明な画像が得られるものの、照明がされていたり、外光が入ってきているような一般の環境の下ではコントラストが著しく低下し、明るく鮮明な表示画像を得ることは困難であった。

【0006】ライトバルブにおいては、表示の高精細化が進むにつれて画素に占める配線と能動素子部分の面積割合が大きくなり、表示の開口率が低くなる傾向にある。このため、透過型ライトバルブを用いた投射型表示装置においては、高精細化が進むほど投射画像の白色輝度が低下してしまうという問題を有していた。

【0007】この点を解決するために、反射型表示素子を用いた投射型表示装置が提案されている(1989年電子情報通信学会秋季全国大会 C-30、C-31参照)。しかし、やはりTN方式の液晶ライトバルブを用いるために高い輝度を得ることは相当困難なものであった。また、熱処理を伴う液晶セル工程を経ながら反射率の高いアルミニウム電極を形成する製造工程そのものが一般に困難であり、十分な輝度は得られていない。

【0008】さらに、ダイクロイックミラーと透過型液晶表示ライトバルブを組み合わせた投射光学系ではシステム全体の体積が大きくなってしまいうという欠点を持っていた。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、まず第1の発明として、液晶電気光学媒体を備えた液晶表示素子において、画素以外の、例えば画素間隙のようにオン・オフ動作する必要のない動作不要な領域の液晶電気光学媒体を電氣的に安定な状態に保持せしめる手段を提供する。具体的には、基板上に複数の行配線と複数の列配線とが設けられ、行配線と列配線の交点近傍に能動素子が設けられ、能動素子のゲート電極は行配線に接続され、ソース電極は列配線に接続され、ドレイン電極は表示電極に接続され、少なくとも行配線、列配線、能動素子を覆うように絶縁体層が形成されてなるアクティブマトリクス基板と、基板上に透明電極が形成された対向電極基板との間に、誘電異方性が正のネマチック液晶が固化物マトリクスに分散保持された液晶固化物複合体が挟持され、前記絶縁体層上に、行配線、列配線、能動素子の一部または全部を覆うように第3の電極が形成され、この第3の電極の電位を対向電極の電位に対して液晶固化物複合体層のしきい値以下に保つことを特徴とする第1の液晶表示素子を提供

する。

【0010】また、第2の発明としては、液晶電気光学媒体を備えた液晶表示素子において、画素電極を素子の厚み方向で二重構造にし、その間に反射機能層を設けて、上段の電極で液晶電気光学媒体を駆動し、反射機能層で光を反射せしめる構造を備えた液晶表示素子を提供する。具体的には、透明電極が形成された対向電極基板と、基板上行配線と、列配線と、行配線と列配線の交点近傍に能動素子が設けられ、行配線、列配線、能動素子を覆うように反射機能層が形成されてなるアクティブマトリクス基板との間に、電界印加状態により散乱状態が変化する液晶電気光学媒体を挟持してなるアクティブマトリクス液晶表示素子であって、画素表示電極は前記反射機能層上、もしくはその上方に形成された透明電極であることを特徴とする第2の液晶表示素子を提供する。また、上記のいずれか一つの液晶表示素子と、さらに、光源系と、色分離合成光学系と、投射光学系とを組み合わせ構成したことを特徴とする投射型液晶表示装置を提供する。

【0011】以下に、本発明とその動作原理について概説する。最初に、第1の発明から説明する。

【0012】第1の発明の液晶表示素子では、アクティブマトリクス基板上の能動素子、行配線、列配線、画素電極の上に絶縁性の誘電体膜が形成され、その上に、画素間電極の一部または全部を覆うように第3の電極が設けられる。

【0013】図1にこの液晶表示素子の基本的構造の一部の断面図を、図2に平面図を示す。

【0014】これらの図において、基板1はガラス、石英、シリコンウエハ等の基板である。2は薄膜トランジスタ(TFT)、ダイオード、MOSTランジスタ等の能動素子である。3は列電極または列配線、4はITOあるいは金属で形成される画素電極を示す。5はこれらを覆う反射機能層であって、具体的には誘電体多層薄膜ミラーが用いられる。6は表側の基板または裏側の基板にそれぞれ形成される表示用の電極に対して第3の電極として形成される画素間電極、7は液晶固化物複合体である。さらに、8はITOなどで形成された対向電極、9は透明な対向基板を示す。

【0015】図2に示されるように、第3の電極6は、画素電極4以外の領域を太い格子状に設けられている。そして、行配線(行電極)、列配線(列電極)、能動素子のほとんどは、この画素間電極6に覆われ、その下に配置されている。

【0016】次に、光学的な働きについて説明する。図1に示すように、入射光10は基板9側から基板垂直方向に対して所定の角度をもって照射される。画素部分に電圧が印加されている場合には画素は透明であるため、入射光はそのまま誘電体多層薄膜ミラーなどからなる反射機能層5で反射され、外部より視認されると白表示の

状態となる。

【0017】電圧が印加されていない場合には画素は光散乱状態であり、入射光は所定の方向へ反射せず、黒表示となる。

【0018】この液晶電気光学媒体としては液晶が高分子などの固化物マトリクスに分散保持された液晶固化物複合体に限定されるものでなく、電界により液晶が動作し散乱-透過状態が変化するものであればよく、液晶固化物複合体の他、コレステリック液晶、スメクチック液晶等が例示される。中でも、応答性、コントラストなどに優れた液晶固化物複合体が本発明に用いる液晶電気光学媒体として適している。

【0019】以下、誘電異性が正のネマチック液晶が固化物マトリクスに分散保持されており、無電界状態で散乱状態、電界の印加により散乱が弱まり透過状態となる液晶固化物複合体を例に説明する。

【0020】通常、TN液晶素子では対向電極基板上に不透明な金属などでブラックマスクを形成し、不要な光を排除して表示画像のコントラスト低下を防止する。しかし、本発明のような透過散乱型の光学素子の場合においては対向基板上の金属膜は、対向基板と金属との界面での反射を引き起こし、コントラストの低下を引き起こす。

【0021】これに対し、図1に示すように、画素間、すなわち列電極および/または行電極などの全部または一部を覆うように、誘電体多層薄膜ミラー上もしくは、下地層を介して上方に第3の電極として画素間電極を形成し、かつ、対向基板上の透明電極の電位に対して常に液晶固化物複合体のしきい値以下に保持するようにしておけば、図1の領域20で示される画素間電極上の液晶固化物複合体は光散乱状態に保たれるので、この部分は安定して黒表示となる。

【0022】一方、この画素間電極を設けない場合、本来表示には直接影響しない列電極や行電極の電位の影響を受けて画素表示電極以外の領域の液晶固化物複合体が透明となり、この領域からの反射光によって画像のコントラストが著しく劣化してしまう。

【0023】この第1の発明においては、通常の透過型の光学素子用に設計されたアクティブマトリクス方式の基板に誘電体薄膜多層ミラーとこのミラー上のコントラスト低下防止用の第3の電極として画素間電極を追加し形成するだけで反射型パネルを得ることができ、反射ミラーも兼ねた画素電極構造やプロセスを特別に設計する必要がない。

【0024】画素間電極には対向電極に印加される信号と同一の信号を入力することなどにより簡単に駆動することができ、画素間電極上の液晶固化物複合体(領域20)を常にオフ状態(最も強い散乱状態)にできる。画素間電極としては、金属電極、透明電極などを用いることが可能であるが、この発明の構成においては、能動素

子の遮光膜も兼ねることとなるので、金属膜を用いることが好ましい。

【0025】これにより、能動素子は金属膜と誘電体多層膜ミラーの両方により入射光より保護され、極めて強い光の入射に対しても光リークなどの問題の発生を抑制することができる。画素間電極は画素間の全てを覆っていることがコントラスト向上の観点からは好ましいが、少なくとも配線や能動素子の一部を覆っていればよい。

【0026】ここまで、反射機能層として誘電体多層膜ミラーを用いその上にコントラスト低減防止用の第3の電極を設けた場合について説明したが、画素電極そのものを反射ミラー電極とすることも可能である。このミラー兼画素用電極としては、金属電極を用いることができる。この場合、画素電極上部の絶縁膜は透明性の高いものであればよい。また、この場合でも、絶縁膜として、誘電体多層膜ミラーを用いることも可能である。

【0027】図3は、さらに反射型表示素子に適した構造を説明するものである。第1の発明の液晶表示素子に用いられるアクティブマトリクス基板の一部の断面図を示す。

【0028】本図中、11はガラス、石英、シリコンウエハ等の基板、12はTFT、ダイオード、MOSトランジスタ等の能動素子、13は列電極または列配線、14はITOまたは金属で形成される画素電極を示す。15は能動素子上に形成される第1の絶縁膜、16は画素電極上に形成される第2の絶縁膜、17は第3の電極として用いられる画素間電極である。絶縁膜としては、具体的に絶縁性誘電体膜が用いられる。この例では、絶縁膜が二重構造となっている。

【0029】図1の例の場合と同様に、画素間電極には対向電極の電位に対し液晶固化物複合体のしきい値電位以下になるように電圧が印加される。こうして、画素間電極上の液晶固化物複合体は光散乱状態となり、入射光は所定方向へ反射せず、黒表示となる。

【0030】図3の場合では、図1の例の場合に比較して、アクティブマトリクス基板の構成はやや複雑になるが、画素電極で配線や能動素子の一部を覆うことができるので開口率をさらに大きくすることができる。この場合、第1の絶縁膜15および第2の絶縁膜16は、そのいずれかを誘電体多層膜ミラーなどの反射機能層とすることが好ましい。

【0031】能動素子上の、第1の絶縁膜15が誘電体多層膜ミラーである場合、画素電極14はITOなどの透明電極とされ、第2の絶縁膜16は画素電極と第3の電極（画素間電極）との絶縁性を保ち、かつ透明性の高い膜（例えば、酸化シリコン）とされる。一方、第2の絶縁膜16が誘電体多層膜ミラーである場合には画素電極14は透明である必要はなく、ITOの他に金属電極も用いることが可能である。

【0032】液晶固化物複合体などの散乱型素子をライ

トバルブとして用いる場合、偏光板による吸収を利用したTN型などの透過－吸収型素子の場合と大きく異なり、投射光学系と一体になって高いコントラストなどが達成される。この投射光学系においては透過状態での透過光が投射され散乱状態での拡散光が投射されないように、シュリーレン光学系など拡散光を減ずる装置、例えば、アパーチャーやスポットなどの一種の絞りを設置することにより、表示コントラストを大きくすることができる。

【0033】このような散乱型表示素子を用いた場合の投射光学系のFナンバー（F）は投射レンズ系の焦点距離 f と絞りの直径 d により規定され、 $F = f / 2d$ であり、散乱角 $\theta = \arctan(d/f)$ 以上の角度に散乱された拡散光はこの投射光学系により除去される。

【0034】本発明の投射表示装置においては、一般に、 $4 \leq F \leq 12$ 、特に $5 \leq F \leq 10$ とされる。

【0035】Fナンバーが大きいほど絞りは絞られた状態となりコントラストは上昇するが透過状態での光の透過量は低下する。このバランスによりFナンバーは決定されるが、上記の範囲でこのバランスを取ることが可能となる。

【0036】このように、液晶固化物複合体は電圧により光の進行方向（角度）を変える角度変調型の素子であるため、TN型などの吸収型の素子と異なり光の進行方向が非常に大きな意味を持つようになる。

【0037】この意味において、散乱型液晶光学素子の反射ミラーとして、従来のようにアルミニウムなどの金属性の反射ミラーを用いた場合は、その表面状態がほぼ完全な鏡面ではない限り、コントラストなどの特性が大きく劣化してしまう。

【0038】反射ミラーの表面に波長オーダー程度かそれ以上の凸凹があると、液晶の透過状態においてもミラー面により拡散光が生じ拡散光除去光学系により本来透過すべき光が除去されてしまう。散乱状態での散乱性はほぼ液晶の散乱性で支配されるので、このミラー面に存在する凸凹は、光の利用効率のみならずコントラストをも低下させてしまう。

【0039】TN液晶光学素子など光吸収型の光学素子ではコントラストは偏光板による吸収により決定されるので、このような拡散光の存在はコントラストの大きな低下を引き起こさず、従来もアルミニウムなどの金属ミラーが用いられてきている。これに対して、散乱型液晶光学素子の場合には、ミラー面の形状は非常に重要な要素となるので画素電極としてはアルミニウムのようにシリコン系の絶縁膜と反応して凹凸を形成しやすいものは適当でなく、高融点金属が好ましい。

【0040】液晶固化物複合体においては、高分子などの固化物マトリクスにより液晶という散乱体が位置的に固定化されている。このことは、画素間の電界の歪みなどによる空間的情報の劣化を防ぐのに有効に働く。他の

散乱型液晶素子においては、液晶が形成する微小ドメイン同士の境界部分により散乱が生ずるのであるが、これは位置的に固定化されているわけではなくその時々電界の状態により決定される。

【0041】すなわち、空間的解像度が状態により変化することになる。液晶固化物複合体の場合、空間的解像度は、固定化されている液晶（粒子または、それと同等な空間的構造）のサイズで決定されるため、空間的解像度がその時々画像情報で左右されることはほとんどない。

【0042】通常、マトリクス中に分散保持される液晶のサイズは、0.5～5 μ m程度であり、より望ましい範囲としては、1.5～4 μ m程度である。これは、通常のアクティブマトリクス液晶素子の画素サイズ（通常10～200 μ m程度）において、一つ一つの画素情報をほとんど劣化させることなく充分に表示できることを意味する。

【0043】このことから、液晶固化物複合体を本発明の電極構成で用いることは、高精細、高コントラスト、高輝度表示に最も適しているということができよう。このように、液晶固化物複合体を用いた本発明の構成においては、他の性質を損なうことなく、高精細、高輝度、高コントラストを同時に達成することが可能である。

【0044】次に、第2の発明について説明する。図10に、液晶表示素子の一部の断面図を示す。1はガラス、石英、シリコンウエハ等の基板、2はTFT、ダイオード、MOSトランジスタ等の能動素子、3は列電極または列配線、4はITOまたは金属で形成される画素電極を示す。5は誘電体多層薄膜ミラーを用いた反射機能層、15は能動素子の駆動用の電極と反射機能層5上の画素電極4を接続するためのコンタクトホールもしくはスルーホール、7は液晶固化物複合体などの散乱型の液晶電気光学媒体である。さらに、8はITOなどでできた対向電極、9は透明な対向基板を示す。

【0045】図10に示すように、入射光10は対向電極8側から基板垂直方向に対して所定の角度をもって照射される。液晶電気光学媒体が透明状態である場合、入射光はそのまま反射機能層5で反射されて白表示を呈する。液晶電気光学媒体が散乱状態である場合には画素は光散乱状態であり、入射光は所定方向へ反射せず、黒表示となる。

【0046】この液晶電気光学媒体としては電界により液晶が動作し散乱－透過状態が変化するものであればよく、液晶が高分子など固化物マトリクスに分散保持された液晶固化物複合体、コレステリック液晶、スメクチック液晶等が例示される。なかでも、応答性、コントラストなどに優れた液晶固化物複合体がこの第2の発明に用いる液晶電気光学媒体として適している。

【0047】以下、誘電異方性が正のネマチック液晶が

固化物マトリクスに分散保持されており、無電界状態で散乱状態、電界の印加により散乱が弱まり透過状態となる液晶固化物複合体を例に説明する。

【0048】通常、TN液晶素子では対向電極基板上に不透明な金属などでブラックマスクを形成し、不要な光を排除して表示画像のコントラスト低下を防止する。しかし、本発明のような散乱型表示素子の場合においては、対向基板上の金属膜は、対向基板と金属との界面での反射を引き起こし、コントラストの低下を招く。また、一方、単純に対向基板上のブラックマスクを取り除いただけでは、行配線、列配線と対向電極間の電圧によって液晶固化物複合体が透明状態となり、入射光は行配線、列配線表面に到達し反射するため、不要な反射光が増加し、画像のコントラストを劣化させる。

【0049】これを防ぐためにアルミニウム等の金属膜を用いた画素電極を層間絶縁膜上で、行配線、列配線、能動素子を極力覆うように形成することが試みられているが、良好な反射率を持つアルミニウム表面を得ることは一般に困難である。

【0050】そこで本発明では、コントラストの低下なく高い開口率、高い光利用効率を達成するために、上記の如く誘電体多層薄膜ミラーを用い、ITO等の透明電極で表示電極を形成する。この構成では、液晶セル組み立て工程における熱処理温度程度では、反射率の劣化はなく、安定した特性を得ることができる。

【0051】また、通常誘電体多層薄膜ミラーは薄膜能動素子を構成する各種の膜に比べて膜厚が大きく、能動素子の電極とミラー上の表示電極を接続する際に、ミラーに開口したスルーホールの被覆性が問題となるが、ITO等の透明電極は被覆性にも優れ、有利である。

【0052】一方、ミラーの膜厚が大きいために、表示電極を行配線や列配線に重ねても重なり容量は小さく、重ねなかった場合に對向電極との間に液晶固化物複合体を介して形成される容量と同程度であり波形のなまりなど駆動上の大きな障害を回避することができる。

【0053】この第2の発明における構成は散乱型の液晶表示素子において特に有効であり優れた特性を発揮することができる。液晶固化物複合体などの散乱型素子をライトバルブとして用いる場合、偏光板による吸収を利用したTN型などの透過－吸収型素子の場合と大きく異なり投射光学系と一体になって高いコントラストなどが達成される。

【0054】この投射光学系においては透過状態での透過光が投射され散乱状態での拡散光が投射されないように、シュリーレン光学系など拡散光を減ずる装置、例えば、アパーチャーやスポットなどの一種の絞りを設置することにより、表示コントラストを大きくすることができる。

【0055】このような散乱型表示素子を用いた場合の投射光学系のFナンバーは、第1の発明について既に上

述した。

【0056】本願の第2の発明では、反射ミラーとして誘電体多層膜ミラーを用いているために熱的なプロセスを経過した後も良好なミラー面が提供され散乱型素子として高いコントラストと高い光利用効率を達成できる。従来の透過型表示素子の画素電極の上に誘電体多層膜ミラーを形成するだけでも高い反射率は達成できるが、開口率、駆動電圧の面で優れているとはいえない。

【0057】このような構成では、開口率は透過型の表示素子と同等にしかならず高精細になるほど極端に開口率が低下する。また、画素電極と対向電極間に液晶媒体と反射ミラーの両方が挟持されることにより電圧の一部が反射ミラーの層により失われ、結果として駆動電圧が高くなってしまう。

【0058】第2の発明においては、誘電体多層膜ミラーの上に画素電極として透明電極を配置しているため、開口率を制限する要素はほとんどなく大きな開口率が達成できる。また、画素電極と対向電極間にミラーが存在しないので、印加される電圧は液晶光学媒体の駆動のみに用いられ駆動電圧の上昇はほとんど生じない。

【0059】したがって、誘電体多層膜ミラー上に透明電極で画素電極を形成することは、開口率、コントラストを向上させながら、電気的な特性の低下を防ぐ優れた手段である。

【0060】用いる散乱型素子としては電圧を印加しない状態で散乱状態である素子が最も適している。この場合、画素電極間の隙間の部分は常に散乱状態であるために対向基板側にブラックマスクなど特別な遮光手段を設けなくともその部分は黒として投射される。このため、ブラックマスクによる開口率の低下はなく、原理的に100%近い開口率の達成が可能である。

【0061】TN型の素子の場合、画素電極の端の部分では、電界の歪みにより光のリークが生じるため、たとえ本発明の電極構成をとったとしてもブラックマスクは必須であり、開口率は阻害される。したがって、本発明の素子では、偏光板を利用しないことによる光利用効率の改善以上に利用効率を高めることができる。この場合、画素電極は行配線（行電極）、列配線（列電極）をできるだけ覆うように構成することが望ましい。画素電極間の隙間にある行配線、列配線の部分では、その配線と対向電極間の電圧によって液晶固化物複合体が透明状態となり、不要な反射光が増加し、画像のコントラストを劣化させるからである。

【0062】この画素電極と配線部分のオーバーラップは、配線部分の80%以上の面積が隠されるように画素電極を配置することが望ましく、より望ましくは90%以上とされる。このようにすることにより、特別な画素間の遮光手段は不必要とできる。もちろん、この場合、画素間に残る微小な配線部分を覆うようにブラックマスクを対向基板に設けることも可能である。この場合で

も、通常のTN型素子のように画素間領域を全てブラックマスクで覆うようなことは必要ない。このように、本発明の構成では、従来きわめて困難であった非常に高い開口率を達成することができる。

【0063】次に、電気光学媒体として用いられる液晶固化物複合体について説明する。

【0064】本発明で用いる液晶固化物複合体としては、細かな孔の多数形成された固化物とその孔の部分に充填されたネマチック液晶とからなる液晶固化物複合体が用いられる。その電極間へ電圧を印加しないときに、固化物の屈折率と液晶の屈折率とが不一致状態になり、散乱状態になる。逆に、しきい値電圧よりも十分に高い電圧を印加したときに、固化物の屈折率と液晶の屈折率とが一致状態になり、透過状態になる。なお、ここでいう固化物の屈折率とは、固化物が液晶で膨潤しているときには、その膨潤した状態での屈折率をいう。

【0065】この細かな孔の多数形成された固化物その孔の部分に充填された液晶とからなる液晶固化物複合体は、マイクロカプセルのような液泡内に液晶が封じ込められたような構造であるが、個々のマイクロカプセルが完全に独立していなくてもよく、多孔質体のように個々の液晶の液泡が細隙を介して連通していてもよい。

【0066】本発明の液晶光学素子は、固化物にネマチック液晶が分散保持された構造を有する。この液晶光学素子は、孔の開いた固化物にネマチック液晶を含浸させて製造してもよいが、生産性、均一性、散乱性等の点からみて、ネマチック液晶と硬化性化合物の混合物を原料として用い、硬化性化合物の硬化時にネマチック液晶を分離させる製法により製造されることが好ましい。

【0067】具体的には、ネマチック液晶と硬化性化合物との均一溶液を用い、硬化性化合物が硬化する際に、相分離を起してネマチック液晶が固化物マトリクス中に分散された液晶固化物複合体を形成するような製法が好ましい。この製法によれば、均一な液晶固化物複合体を生産性良く製造できる。なお、ここでいう固化物を形成する硬化とは、モノマーやオリゴマーが高分子化する硬化、架橋による硬化、熱による溶融状態から冷却による固化を含む。

【0068】また、ネマチック液晶と硬化性化合物とによるエマルジョンを形成し、予めネマチック液晶と硬化性化合物とを細かな分散状態に分離させておき、硬化性化合物を硬化させて、その分散を固定する製法も可能である。

【0069】特に、本発明ではネマチック液晶と硬化性化合物との均一溶液から相分離により製造する方法が好ましい。このため、硬化性化合物として光硬化性化合物を用いることが、生産性からみて好ましい。即ち、溶媒の除去を要しないため、密閉系内で硬化でき、従来のTN型液晶表示素子のようにセル内に注入する方式が利用できるため、生産性がよい。また、光照射で硬化できる

ので、硬化工程が短くてすみ、かつ液晶粒径の制御が容易になり好ましい。

【0070】この場合、光硬化性ビニル系化合物の使用が好ましい。具体的には、光硬化性アクリル系化合物が例示され、特に、光照射によって重合硬化するアクリルオリゴマーを含有するものが好ましい。

【0071】さらに、本発明においては対向基板側にブラックマスクが無い場合、紫外線などによる均一な光重合硬化が容易に行える。

【0072】本発明で使用されるネマチック液晶は、固化物の屈折率が、電圧印加時または非印加時のいずれかにおいて、その液晶の屈折率と一致するような液晶であり、単独で用いても組成物を用いてもよいが、動作温度範囲、動作電圧など種々の要求性能を満たすには組成物を用いた方が有利といえる。特に、正の誘電異方性を有し、固化物の屈折率が、液晶の常光屈折率 n_0 と一致するような液晶の使用が好ましい。

【0073】また、液晶固化物複合体に使用される液晶は、光硬化性化合物を用いた場合には、光硬化性化合物を均一に溶解することが好ましく、光露光後の硬化物は溶解しない、もしくは溶解困難なものとされ、組成物を用いる場合は、個々の液晶の溶解度ができるだけ近いものが望ましい。

【0074】液晶固化物複合体を製造する場合、従来の通常の液晶光学素子のように、一对の電極付きの基板を電極面が相対向するように配置して、周辺をシール材でシールして、注入口から未硬化の液晶固化物複合体用の混合液を注入して、注入口を封止してもよいし、一方の基板上に硬化性化合物と液晶との未硬化混合物を供給し、他方の基板を電極面が相対向するように重ね合わせるようにして製造してもよい。

【0075】本発明に用いる液晶固化物複合体には、その液晶中に二色性色素や単なる色素、顔料を添加したり、硬化性化合物として着色したものを使用したりしてもよい。この他、粘度調整剤、電極間隙を調整するスペーサー、非液晶の添加剤等を添加してもよい。

【0076】本発明では、液晶固化物複合体として液晶を溶媒として使用し、光露光により光硬化性化合物を硬化させることにより、硬化時に不要となる単なる溶媒や水を蒸発させる必要がない。このため、密閉系で硬化できるため、従来のセルへの注入という製造法がそのまま採用でき、信頼性が高く、かつ、光硬化性化合物で二枚の基板を接着する効果も有するため、より信頼性が高くなる。

【0077】このように液晶固化物複合体とすることにより、上下の透明電極が短絡する危険性が低く、かつ、通常のTN型の表示素子のように配向や基板間隙を厳密に制御する必要もなく、透過状態と散乱状態とを制御しうる液晶光学素子を極めて生産性良く製造できる。

【0078】本発明に用いる液晶固化物複合体素子の最

適な構成は以下の要因を用途に応じて最適化すればよい。液晶固化物複合体を用いた液晶光学素子の電気光学特性を決める要因としては、使用する液晶の屈折率（常光屈折率 n_0 、異常光屈折率 n_e ）、粘性 η 、固化物の屈折率 n_M 、固化物マトリクス中に分散保持される液晶の平均粒子径 R 、および、電極付き基板間隙（液晶固化物複合体の厚み） d がある。

【0079】なお、それらの他、液晶の比誘電率、弾性定数、使用する固化物の比誘電率 ϵ_M 、弾性率、および、固化物マトリクス中に分散保持される液晶の体積分布率 ϕ 、駆動のための最大実効印加電圧 V 等も最適化することが好ましい。

【0080】本発明の液晶平均粒子径 R とは、液晶が独立した粒子または一部が連通した粒子である場合には、その粒子の最大直径を意味し、液晶の多くが連通した構造の場合には、液晶のディレクターの向きが互いに相関を持つ領域の最大直径を意味する。

【0081】固化物マトリクス中に分散保持される液晶は、独立した粒子、または一部が連通した粒子であることが好ましい。これは、低電圧で駆動でき、高い散乱能と高い透過性を両立させるために有効である。

【0082】本発明の液晶固化物複合体を用いた液晶光学素子の電気光学特性としては、電圧印加時および非印加時のいずれか一方で高い散乱性を有し、かつ、他方で高い透過性を有すること、即ち、高いコントラスト比が得られることが望まれる。このような液晶光学素子を用いて、投射型表示装置を構成した場合、高透過率（光源の光量の有効利用）かつ高コントラスト比の投影装置を得ることができる。

【0083】本発明の最も大きな目的は、高いコントラスト比（オンオフ比）を示す液晶固化物複合体を用いた液晶光学素子を得ることである。以下の説明では、固化物の屈折率 n_M が、使用する液晶の常光屈折率 n_0 と一致するようにされ、電圧印加時に透過状態になる液晶光学素子を例にして説明する。

【0084】使用する液晶の屈折率異方性 Δn は、無電圧時における散乱性に寄与し、高い散乱性を得るには、ある程度以上大きいことが好ましく、具体的には $\Delta n \geq 0.18$ とされ、 $\Delta n \geq 0.20$ が特に好ましい条件である。一方、 Δn が余り大きすぎるとオン時の透過性やしきい値特性、温度特性という点では、不利となるため、 $\Delta n \leq 0.29$ が好ましい。

【0085】また、使用する液晶の常光屈折率 n_0 は固化物の屈折率 n_M とほぼ一致することが好ましく、この時電圧印加時に高い透明性が得られる。具体的には $n_0 - 0.03 < n_M < n_0 + 0.05$ の関係を満たすことが好ましい。

【0086】固化物マトリクス中に分散保持される液晶の平均粒子径 R は非常に重要な要因であり、無電圧時の散乱性、電圧印加時の液晶の動作特性に寄与する。無電

圧時の散乱性は、使用する液晶の屈折率異方性 Δn 、光の波長 λ 、液晶の平均粒子径 R の関係により変化するが、 λ が可視光線域において、単位動作液晶量あたりの散乱性が最大になるのは、平均粒子径 R (μm) が、

$$0.3 < \Delta n \cdot R < 0.8 \quad (1)$$

の関係を満たすときである。

【0088】平均粒子径 R が(1)式の範囲よりも小さい場合、応答速度は速くなるが、単位動作液晶量当りの散乱能が低下すると共に、駆動に必要な電圧が高くなる。逆に、平均粒子径 R が(1)式の範囲よりも大きい場合、低電圧で駆動可能となるが、単位動作液晶量当りの散乱能が低下すると共に、応答速度は遅くなる。

【0089】液晶の粒子径は、均一であることが好ましい。粒子径に分布がある場合、大きな液晶粒子は散乱能の低下に、小さな液晶粒子は駆動電圧の上昇につながり、結果として、駆動電圧の上昇とコントラストの低下を招く。粒子径の分散 σ は平均粒子径の0.25倍以内が望ましく、0.15倍以内がより望ましい範囲である。なお、平均粒子径、分散は体積で重み付けをした平均、分散である。

【0090】液晶固化物複合体の厚さ、即ち電極間間隙 d (μm) も重要な要因である。 d を大きくすると、無電圧時の散乱性は向上し、しきい値特性も鋭くなってゆく。しかし、 d があまり大きすぎると、電圧印加時の十分な透明性を達成するために高い電圧を必要とし、消費電力の増大や、従来のTN用の液晶表示素子の駆動用ICが使用できないといった問題や、しきい値特性が悪くなってしまうという問題が生じてくる。また、 d を小さくすると、低電圧で高い透明性が得られるが、無電圧時の散乱性は減少していく。このため、

$$0.091 \leq 3R < d < 8R \quad (2)$$

の関係を満たすことが好ましい。この(2)式の関係を満たすことにより、オフ時の高い散乱性、オン時の高い透過性および良いしきい値特性を得ることができる。

【0092】本発明の表示素子を用いた投射型表示装置においては、投射光学系中に拡散光を減ずる装置を用いることにより高いコントラストを発揮できる。拡散光を減ずる装置とは、液晶表示素子を通過した光のうち、入射光に対して直進する光(画素部分が透過状態の部分透過する光)を取り出し、直進しない光(液晶樹脂複合体が散乱状態の部分で散乱される光)を減ずるものであればよい。特に、直進する光は減ずることなく、直進しない光は拡散光を減ずることが好ましい。

【0093】また、他の例としては、アパーチャーやスポットの代りに、小さな面積を有する鏡を同じ位置に斜めに配置し、反射させてその光軸上に配置された投射レンズを通して投射させることもできる。また、このような集光レンズを用いることなく、投射レンズにより光線が絞られる位置にスポット、鏡等を設置してもよい。ま

た、特別なアパーチャー等を用いなくとも、投射用レンズの焦点距離、口径を、散乱光が除去されるように選択してもよい。

【0094】また、マイクロレンズ系なども用いることもできる。具体的には、液晶表示素子の投射光学系側にマイクロレンズアレイと細やかな穴がアレイ化されたスポットアレイを配置して、不要な散乱光を除去することができる。この場合、散乱光除去に必要な光路長を非常に短くすることができるため全体の投射型表示装置をコンパクトにできるという利点を持つ。光路長の短縮に関しては、投射光学系の中に散乱除去系を組み込むことも有効である。この場合、独立に投射光学系と散乱除去系を設置するより光学系がシンプルになると共に、サイズを小さく抑えることができる。

【0095】これらの光学系は、ミラー、ダイクロイックミラー、プリズム、ダイクロイックプリズム、レンズなどと組合せ、画像の合成、カラー化ができる。また、カラーフィルターと組み合わせることによっても画像のカラー化が可能である。投射スクリーン上に到達する直進成分と散乱成分との比は、スポット、鏡等の径およびレンズの焦点距離により制御可能で、所望の表示コントラスト、表示輝度を得られるように設定すればよい。

【0096】拡散光を減ずる装置を用いる場合、表示の輝度を上げるためには、投射用光源から液晶表示素子に入射される光はより平行であることが好ましい。そのためには、高輝度でかつできるだけ点光源に近い光源と、凹面鏡、コンデンサーレンズ等を組み合わせて投射用光源を構成することが好ましい。

【0097】

【実施例】以下に図面を参照しながら、本願の第1の発明における実施例を説明する。

【0098】(実施例1)図4は、図1に示した基本的な構造をTFTアレイに適用した場合の液晶表示素子の一画素近傍の断面図。および、図5は平面図である。

【0099】本実施例のTFTアレイは、絶縁性の基板101上に成膜された下地膜102の上に形成された半導体層103、ゲート絶縁膜104、ゲート電極105、補助容量105A(図5参照)、層間絶縁膜106、ソース・ドレイン電極107、108と、これらを覆うように形成された誘電体多層膜ミラー109と、誘電体多層膜ミラーの上に形成されたブラックマトリクス110とからなる。

【0100】さらに本実施例の液晶表示素子は透明電極122が形成された透明な対向基板121と、TFTアレイが形成された基板101との間に液晶固化物複合体130が挟持されている。

【0101】TFTアレイの作成工程を以下に説明する。ガラス基板101上にプラズマCVD法で下地膜102となる酸化シリコン、および非晶質シリコン、窒化シリコンを順次積層する。熱処理によって膜中の水素を

離脱させた後にレーザを用いて非晶質シリコン層を多結晶化させる。

【0102】窒化シリコン層を全面エッチングして除去し、さらにフォトリソ法により所定の形状にパターニングすることにより多結晶シリコン膜103を形成する。窒化シリコン層は省略することも可能である。基板にはガラスを用いたが、絶縁性であればよく、石英やセラミックス等も利用可能である。

【0103】非晶質シリコンは減圧CVD法あるいはスパッタ法で成膜してもよい。多結晶化にレーザを用いたが600℃近辺の熱処理法を用いてもよいし、減圧CVD法等で直接多結晶シリコンを堆積してもよい。その場合には窒化シリコン層は不要である。

【0104】さらに、プラズマCVD法でゲート絶縁膜104となる酸化シリコン膜を、スパッタ法でCrを成膜する。フォトリソ法でCrをパターニングしてゲート電極105および補助容量電極105Aを形成する。このCrをマスクとして酸化シリコン層をドライエッチングする。

【0105】露出した多結晶シリコン領域にイオン注入法により不純物を注入し、ソース・ドレイン領域を形成する。ゲート電極にはヘビードープ多結晶シリコン、Al、Ta等良く知られた材料を使うことができるし、ゲート絶縁膜は減圧CVD法、スパッタ法、熱酸化法を用いてもよい。また、酸化シリコンだけでなく、窒化シリコン、酸化タンタルあるいはこれらの積層膜を利用してよい。

【0106】次に、プラズマCVD法で層間絶縁層として窒化シリコンを成膜し、多結晶シリコン103の不純物領域上にドライエッチングによりスルーホールをあけ、Cr、Alを順次スパッタ法で成膜する。フォトリソ法により、Al、Crをパターニングしてそれぞれ所定の形状として積層されたソース・ドレイン電極108、107を形成する。Cr電極107はAl電極108よりも延在し、画素電極を形成する。

【0107】層間絶縁層としては酸化シリコン、あるいは酸素ドーパ窒化シリコン等も使えるし、減圧CVD法、常圧CVD法、スパッタ法も用いることができる。ソース・ドレイン電極にはMo、W、Ti、ITO等公知の材料を用いることができる、またはこれらの積層膜を用いてもよい。

【0108】次に、誘電体多層膜ミラーを形成する。真空蒸着法により屈折率1.45の酸化シリコン膜と屈折率2.1の酸化タンタル膜を交互にそれぞれ光学膜厚 $n d = \lambda / 4$ (λ はそれぞれ赤青緑の波長)で23層積層し、赤青緑の各波長帯域で反射率が98%以上となるような誘電体多層膜ミラー109を形成する。このときそれぞれの誘電体多層膜ミラーの総膜厚は1.6~2.1 μm である。ここでは酸化タンタルのかわりに酸化チタンなども用いることができる。

【0109】次に、Crをスパッタ法で成膜し画素電極の間隙、TFT素子の上を覆うようにパターニングして画素間電極110を形成する。

【0110】次に、周辺の端子領域をドライエッチングにより開口させてTFTアレイ基板とする。

【0111】さらに本実施例の液晶表示素子の作成工程の説明をする。

【0112】ガラス基板121の一方の面に入射光に対する反射防止処理123を施す。もう一方の面に反射防止処理を施した上に、ITOをスパッタ法により成膜して対向電極122とし、対向電極基板とする。

【0113】ネマチック液晶と、二官能ウレタンアクリレートオリゴマー、アクリレートモノマー、光反応開始剤を均一に溶解し、上記により構成されたTFTアレイ基板と対向電極からなる電極間隙12 μm のパネルに注入し、紫外線照射により重合硬化させ、液晶固化物複合体が基板間に挟持された液晶光学素子を作成した。なお、スペーサーとして、約12 μm 径のプラスチックビーズを用いた。

【0114】固化物マトリクス中の液晶の平均粒子直径は約2.5 μm であった。また、用いた液晶の物性は、室温、可視光における屈折率異方性 Δn が0.21、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ は10.9、粘度は約35 (cSt)であった。このパネルを緑用とした。

【0115】同様に赤用、青用のパネルを作成した。緑用のパネルとは電極間隙を変化させ、赤用は約14 μm 、青用は約11 μm とした。このとき、それぞれの誘電体多層膜ミラーは各色用に適合したものとしている。これらのパネルはオフ状態では強い散乱状態を示し、5V程度より散乱が低下し8V程度でほぼ完全な反射ミラー状態(液晶の透過状態)となった。

【0116】図6(平面図)と図7(側面図)に示すように、投射型表示装置を構成した。光源系としては、150Wのメタルハライドランプ211、楕円鏡212、絞り213などにより構成される光源系201を用い、光源からの光束の平行度は約±4.5度であった。

【0117】色分離合成用に二枚のダイクロイックミラー221、222を用い、白色光をRGBの3色に分離しそこに集光用レンズ230と各液晶表示素子(液晶パネル)231、232、233を配置した。用いた投射レンズ242は内部に絞り241を有するもので、Fナンバーが約6(集光半角4.8度)となるように絞りを調整した。

【0118】最大駆動電圧が8Vとなるように駆動系を設定し、ビデオ信号により各液晶表示素子を駆動した。前述した、各液晶表示素子のブラックマトリクス110の電位は対向電極112の電位と等しくする。各パネル全面に8Vの電圧を印加した状態では投射レンズより投射される光量は約420 (lm)であった。電圧オン状態とオフ状態の光量比は約100:1であった。

【0119】この投射型表示装置を用い、スクリーン上で画像が100インチ対角となるように設定し動画表示を行ったところ、高輝度、高コントラストの動画表示が得られ、通常の周辺環境（室内照明として蛍光灯を点灯した状態）においても、白黒のコントラスト比は約50：1であり、蛍光灯を消灯した暗室状態での画像と遜色の無いものであった。

【0120】このように、本実施例においては従来のTN方式液晶表示素子をはるかに超える明るさの投射画像を得ることができ、大型画面の表示装置として極めて有用なものである。

【0121】（実施例2）図8は、図3に示した基本的な構造をTFTアレイに適用した場合の液晶表示素子の一画素近傍の断面図である。および、図9は平面図である。

【0122】この実施例2のTFTアレイは、絶縁性の基板301上に成膜された下地膜302の上に形成された半導体層303、ゲート絶縁膜304、ゲート電極305、補助容量305A（図9参照）、層間絶縁膜306、ソース・ドレイン電極307、308と、これらを覆うように形成された絶縁膜309と、この絶縁膜の上に形成された画素電極310と、この画素電極を覆うように形成された誘電体多層膜ミラー311と、この誘電体多層膜ミラーの上に形成されたブラックマトリクス312とからなる。

【0123】さらに本実施例の液晶表示素子は透明な電極322が形成された透明な基板321と、TFTアレイが形成された基板301との間に液晶固化物複合体330が挟持されている。

【0124】TFTアレイの作成工程を以下に説明する。ガラス基板301上にプラズマCVD法で下地膜302となる酸化シリコン、および非晶質シリコン、窒化シリコンを順次積層する。熱処理によって膜中の水素を離脱させた後にレーザを用いて非晶質シリコン層を多結晶化させる。

【0125】窒化シリコン層を全面エッチングして除去し、さらにフォトリソ法により所定の形状にパターニングすることにより多結晶シリコン膜303を形成する。さらに、プラズマCVD法でゲート絶縁膜304となる酸化シリコン膜を、スパッタ法でCrを成膜する。フォトリソ法でCrをパターニングしてゲート電極305および補助容量電極305Aを形成する。このCrをマスクとして酸化シリコン層をドライエッチングする。露出した多結晶シリコン領域にイオン注入法により不純物を注入し、ソース・ドレイン領域を形成する。

【0126】次に、プラズマCVD法で層間絶縁層として窒化シリコンを成膜し、多結晶シリコン303の不純物領域上にドライエッチングによりスルーホールをあけ、Cr、Alを順次スパッタ法で成膜する。フォトリソ法により、Al、Crをパターニングしてそれぞれ所

定の形状として積層されたソース・ドレイン電極308、307を形成する。Cr電極307はAl電極308よりも延在し、補助容量電極を形成する。

【0127】次に、プラズマCVD法によりシリコン窒化膜を成膜して絶縁膜309とし、ソース・ドレイン電極307、308のうち、Crが延在した部分にスルーホールをあける。さらに、Crをスパッタ法にて成膜し、所定の形状にパターニングして画素電極310とする。

【0128】次に、誘電体多層膜ミラー311を実施例1と同様の方法で形成する。次に、Crをスパッタ法で成膜し画素電極の間隙を覆うようにパターニングしてブラックマトリクス312を形成する。

【0129】次に、周辺の端子領域をドライエッチングにより開口させてTFTアレイ基板とする。

【0130】以下、アクティブマトリクス式の液晶表示素子の作成工程は実施例1と同様である。実施例1と同様の投射光学系に組み込んだところ、実施例1に比べて開口率が高くとれるために投射画像は明るくなり、450（lm）であった。

【0131】なお、実施例1、2においてはトップゲート型の多結晶シリコンTFTアレイを用いたが、これに限定されるものではなくTFTの構造としてボトムゲート型でもよいし、半導体材料も非晶質シリコン、化合物半導体でもよい。また、結晶シリコンウエハ上に形成されるMOSTランジスタアレイであっても本発明の効果は同様に得られる。さらに能動素子としてPINダイオード、MIMダイオードなどの二端子素子を用いてもよい。

【0132】以下に図面を参照しながら、本願の第2の発明の実施例を説明する。

【0133】（実施例3）図11は、前述した基本的な構造をTFTに適用した場合のアクティブマトリクス方式の液晶表示素子の一画素近傍の断面図である。および、図12は平面図である。

【0134】本実施例のTFTアレイは、絶縁性の基板401上に成膜された下地膜402の上に形成された半導体層403、ゲート絶縁膜404、ゲート電極405、補助容量405A、層間絶縁膜406、ソース・ドレイン電極407、408と、これらを覆うように形成された誘電体多層膜ミラー409と、ソース・ドレイン電極407上に形成されたスルーホールを介してTFTと接続される画素電極410とからなる。

【0135】さらに、本実施例のアクティブマトリクス方式の液晶表示素子は透明電極412が形成された透明基板411と、本能動素子アレイとの間に液晶固化物複合体414が挟持されている。

【0136】TFTアレイの作成工程を以下に説明する。ガラス基板401上にプラズマCVD法で下地膜402となる酸化シリコン、および非晶質シリコン、窒化

シリコンを順次積層する。熱処理によって膜中の水素を離脱させた後にレーザを用いて非晶質シリコン層を多結晶化させる。窒化シリコン層を全面エッチングして除去し、さらにフォトリソ法により所定の形状にパターニングすることにより多結晶シリコン膜403を形成する。窒化シリコン層は省略することも可能である。

【0137】基板にはガラスを用いたが、絶縁性であればよく、石英やセラミックス等も利用可能である。非晶質シリコンは減圧CVD法あるいはスパッタ法で成膜してもよい。多結晶化にレーザを用いたが600℃近辺の熱処理法を用いてもよいし、減圧CVD法等で直接多結晶シリコンを堆積してもよい。その場合には窒化シリコン層は不要である。

【0138】さらに、プラズマCVD法でゲート絶縁膜404となる酸化シリコン膜を、スパッタ法でCrを成膜する。フォトリソ法でCrをパターニングしてゲート電極405および補助容量電極405Aを形成する。このCrをマスクとして酸化シリコン層をドライエッチングする。露出した多結晶シリコン領域にイオン注入法により不純物を注入し、ソース・ドレイン領域を形成する。ゲート電極にはヘビードープ多結晶シリコン、Al、Ta等良く知られた材料を使うことができるし、ゲート絶縁膜は減圧CVD法、スパッタ法、熱酸化法を用いてもよい。

【0139】また、酸化シリコンだけでなく、窒化シリコン、酸化タンタルあるいはこれらの積層膜を利用してよい。次に、プラズマCVD法で層間絶縁層として窒化シリコンを成膜し、多結晶シリコン403の不純物領域上にドライエッチングによりスルーホールを明け、Cr、Alを順次スパッタ法で成膜する。フォトリソ法により、Al、Crをパターニングしてそれぞれ所定の形状として積層されたソース・ドレイン電極408、407を形成する。

【0140】層間絶縁層としては酸化シリコン、あるいは酸素ドープ窒化シリコン等も使えるし、減圧CVD法、常圧CVD法、スパッタ法も用いることができる。ソース・ドレイン電極にはMo、W、Ti、ITO等の公知の材料が用いられる、または、これらの積層膜を用いてもよい。次に、誘電体多層膜ミラーを形成する。

【0141】真空蒸着法により屈折率1.45の酸化シリコン膜と屈折率2.1の酸化タンタル膜を交互にそれぞれ光学膜厚 $nd = \lambda/4$ (λ はそれぞれ赤青緑の波長)で23層積層し、赤青緑の各波長帯域で反射率が98%以上となるような誘電体多層膜ミラー409を形成する。このときそれぞれの誘電体多層膜ミラーの総膜厚は1.6~2.1 μm である。ここでは酸化タンタルのかわりに酸化チタンなども用いることができる。

【0142】次に、Crよりなるソース・ドレイン電極407のうちの、Alよりなるソース・ドレイン電極408から延在した部分の上に誘電体多層膜ミラー409

にスルーホールを明け、ITO膜をスパッタ法により成膜する。これを所定の形状にパターニングし、画素電極とする。画素電極は隣接する行配線(列電極)、列配線(列電極)を可能な限り覆うようにし、開口率の向上を実現する。両隣りの列配線上は面積が等しくなるようにし、列配線-画素電極間の寄生容量が等しくなるようにしたが、これに限定されるものではない。

【0143】次に、周辺の端子領域をドライエッチングにより開口させてTFTアレ基板とする。さらに、本実施例のアクティブマトリクス方式の液晶表示素子の作成工程の説明をする。ガラス基板111の一方の面に入射光に対する反射防止処理413を施す。もう一方の面に反射防止処理を施した上に、ITOの透明電極412をスパッタ法により成膜し、対向電極基板とする。

【0144】ネマチック液晶と、二官能ウレタンアクリレートオリゴマー、アクリレートモノマー、光反応開始剤を均一に溶解し、上記により構成されたTFTアレ基板と対向電極からなる電極間隙12 μm のパネルに注入し、紫外線照射により重合硬化させ、液晶固化物複合体が基板間に挟持された液晶光学素子を作成した。なお、スプレーサーとして、約12 μm 径のプラスチックビーズを用いた。

【0145】固化物マトリクス中の液晶の平均粒子直径は約2.5 μm であった。また、用いた液晶の物性は、室温、可視光における屈折率異方性 Δn が0.21、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ は10.9、粘度は約35(cSt)であった。このパネルを緑用とした。同様に赤用、青用のパネルを作成した。緑用のパネルとは電極間隙を変化させ、赤用は約14 μm 、青用は約11 μm とした。このとき、それぞれの誘電体多層膜ミラーは各色用に適合したものとしている。これらのパネルはオフ状態では強い散乱状態を示し、4V程度より散乱が低下し7V程度でほぼ完全な反射ミラー状態(液晶の透過状態)となった。

【0146】第1の発明の実施例の場合と同様に、図6と図7に示されるように、投射表示装置を構成した。光源系としては、150Wのメタルハライドランプ211、楕円鏡ミラー212、絞り213などにより構成される光源系201を用い、光源からの光束の平行度は約 ± 4.5 度であった。

【0147】色分離合成用に2枚のダイクロイックミラー221、222を用い、白色光をRGBの3色に分離しそこに集光用レンズ230と各パネル231、232、233を配置した。用いた投射レンズ242は内部に絞り241を有するもので、Fナンバーが約6(集光半角4.8度)となるように絞りを調整した。

【0148】最大駆動電圧が7Vとなるように駆動系を設定し、ビデオ信号により各パネルを駆動した。各パネル全面に7Vの電圧を印加した状態では投射レンズより投射される光量は約600(lm)であった。電圧オン

状態とオフ状態の光量比は約100:1であった。

【0149】この投射型表示装置を用い、スクリーン上で画像が100インチ対角となるように設定し動画表示を行ったところ、高輝度、高コントラストの動画表示が得られ、通常の周辺環境（室内照明として蛍光灯を点灯した状態）においても、白黒のコントラスト比は約50:1であり、蛍光灯を消灯した暗室状態での画像と遜色のないものであった。

【0150】このように、本実施例においては従来のTN方式液晶表示素子をはるかに超える明るさの投射画像を得ることができ、大型画面の表示装置として極めて有用なものである。なお、本実施例においてはトップゲート型の多結晶シリコンTFTアレイを用いたが、これに限定されるものではなくTFTの構造としてボトムゲート型でもよいし、半導体材料も非晶質シリコン、化合物半導体でもよい。また、結晶シリコンウエハ上に形成されるMOSTランジスタアレイであっても本発明の効果は同様である。さらに能動素子としてPINダイオード、MIMダイオードなどの二端子素子を用いてもよい。

【0151】（参考例1）第1の発明の応用例の一部断面図を図13に示す。同一符号は同じ構成要素を示す。この参考例では対向基板の透明電極が微細な凹凸が形成され、不要な正規反射光が除去される効果がある。また、ヒステリシス現象を低減する効果もある。第3の電極は不要な領域の電気光学媒体をしきい値以下に保持する以外に、能動素子への遮光膜としての機能をも有している。

【0152】（参考例2）第2の発明の応用例の一部断面図を図14に示す。同一符号は同じ構成要素を示す。7Aはカプセル化液晶、7Bは固化物であり、両者によって液晶固化物複合体7の層が形成されている。また、この参考例では対向基板の透明電極が微細な凹凸が形成され、不要な正規反射光が除去される効果がある。また、ヒステリシス現象を低減する効果もある。そして、三重電極構造の上段の画素電極によって電気光学媒体が駆動される。入射された光は透過散乱モードの電気光学媒体が透明状態の場合には、反射機能層5で反射される。

【0153】これらの参考例では、基板1の裏面に残留透過光の裏面反射を低減するために、光吸収黒色塗料が塗布されている。

【0154】

【発明の効果】以上の如く、本発明によれば高輝度・高

コントラストの反射型液晶ライトバルブが実現できる。同時にシステム全体も軽量かつコンパクトにできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の発明におけるアクティブマトリクス方式の液晶表示装置の基本的構造を模式的に示す断面図。

【図2】第1の発明におけるアクティブマトリクス方式の液晶表示装置の基本的構造を模式的に示す平面図。

【図3】第1の発明の応用例での構造を示す断面図。

【図4】実施例1の画素近傍を示す断面図。

【図5】実施例1の画素近傍を示す平面図。

【図6】本発明の液晶表示素子を用いた投射型表示装置の平面図。

【図7】本発明の液晶表示素子を用いた投射型表示装置の側面図。

【図8】実施例2の液晶表示素子の画素近傍を示す断面図。

【図9】実施例2の液晶表示素子の画素近傍を示す平面図。

【図10】第2の発明の基本的構造を模式的に示す断面図。

【図11】実施例3の液晶表示素子の画素近傍を示す断面図。

【図12】実施例3の液晶表示素子の画素近傍を示す平面図。

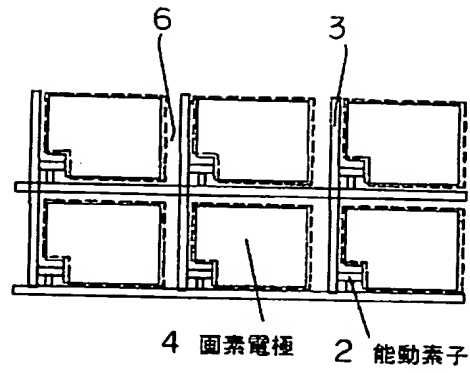
【図13】参考例1の一部断面図。

【図14】参考例2の一部断面図。

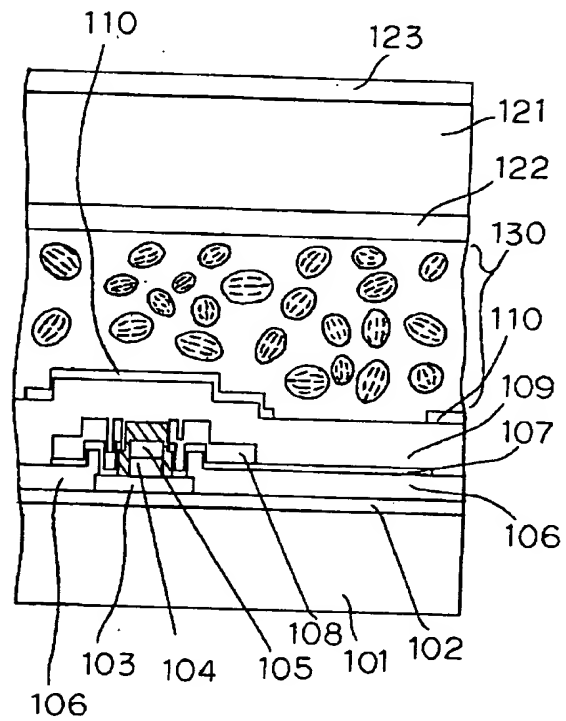
【符号の説明】

- 1：基板
- 2：能動素子
- 3：列配線（列電極）
- 4：画素電極
- 5：反射機能層
- 6：第3の電極
- 7：液晶固化物複合体
- 8：対向電極
- 9：対向基板
- 10：入射光
- 102：下地膜
- 103：半導体層
- 104：ゲート絶縁膜
- 105：ゲート電極
- 106：層間絶縁膜
- 107、108：ソース・ドレイン電極
- 309：絶縁膜

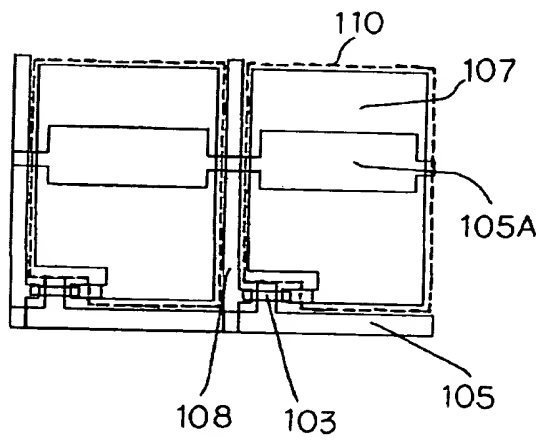
【図2】



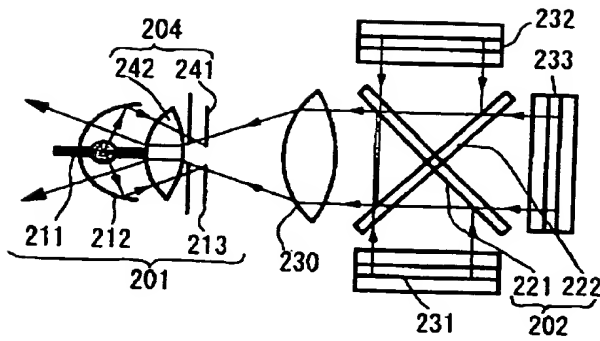
【図4】



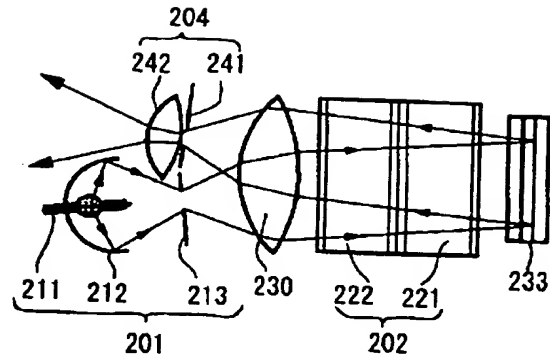
【図 5】



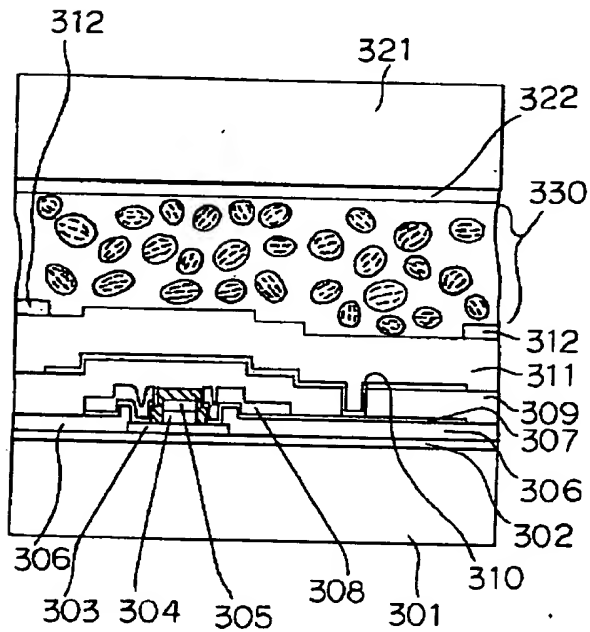
【図6】



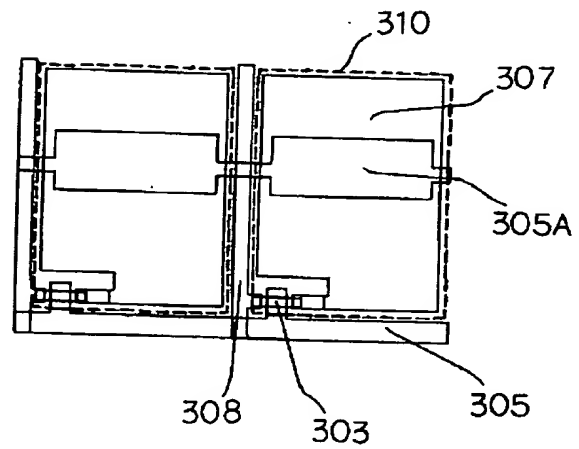
【図7】



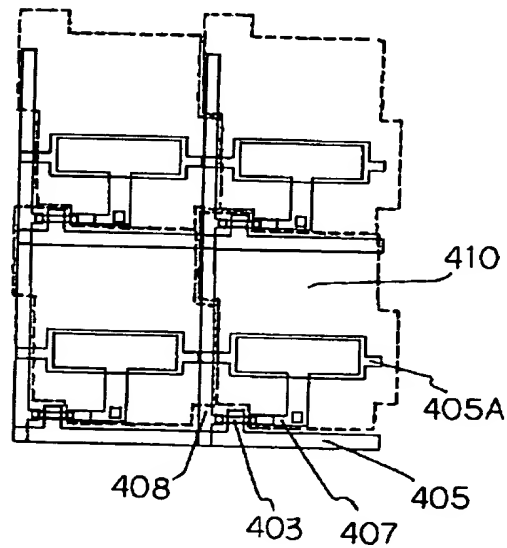
【図8】



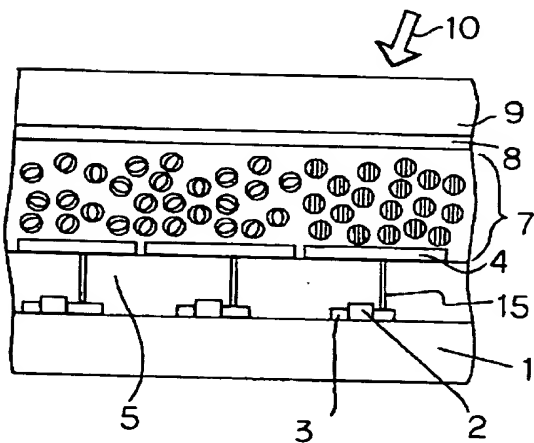
【図9】



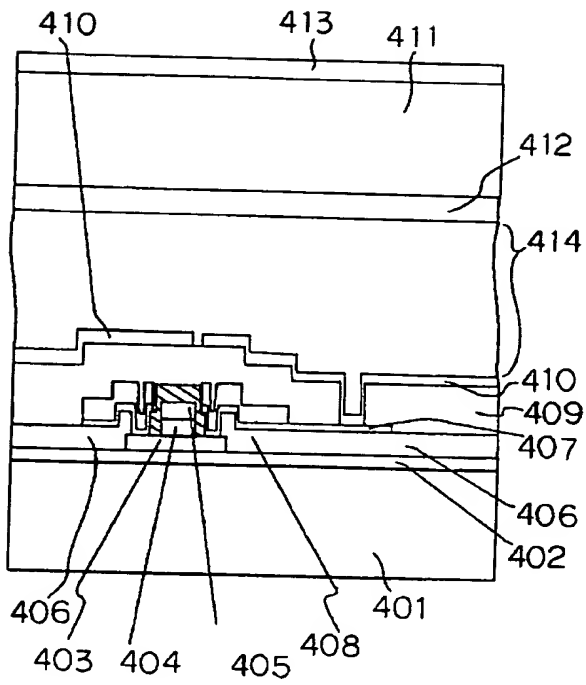
【図12】



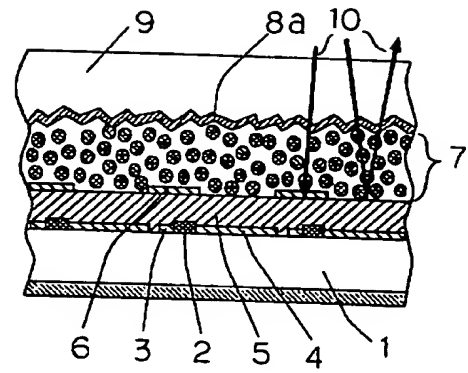
【図10】



【図11】



【図13】



【図14】

